Développement de la pensée critique des élèves de 14-15 ans en cours de sciences

Influence de la métacognition et du contrôle inhibiteur sur le développement de la pensée critique dans le cadre de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation

Développement de la pensée critique des élèves de 14-15 ans en cours de sciences

Influence de la métacognition et du contrôle inhibiteur sur le développement de la pensée critique dans le cadre de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation

---

Jérôme KARIGER

Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en sciences psychologiques et de l'éducation

Promotrices

Catherine VAN NIEUWENHOVEN (UCLouvain)
Myriam DE KESEL (UCLouvain)

Comité d'encadrement

Vanessa HANIN (UCLouvain)
Jim PLUMAT (UCLouvain)

UCL PRESSES UNIVERSITAIRES DE LOUVAIN

Collection de thèses de l'Université catholique de Louvain, 2026

Président

Stéphane Colognesi (UCLouvain)

Comité d'accompagnement et jury

Catherine Van Nieuwenhoven (UCLouvain)
Myriam De Kesel (UCLouvain)
Vanessa Hanin (UCLouvain)
Jim Plumat (UCLouvain)
Marie-Noëlle Hindryckx (ULiège)
Manuel Bächtold (Université de Montpellier)

© Presses universitaires de Louvain, 2026
Dépôt légal : D/201x/9964/xx
ISBN : 978-2-87588-xxx-x
Imprimé en Belgique

Tous droits de reproduction, d'adaptation ou de traduction, par quelque procédé que ce soit, réservés pour tous pays, sauf autorisation de l'éditeur ou de ses ayants droit.
Couverture : Marie-Hélène Grégoire

Diffusion : www.i6doc.com, l'édition universitaire en ligne
Sur commande en librairie ou à
Diffusion universitaire CIACO
Grand-Rue, 2/14
1348 Louvain-la-Neuve, Belgique
Tél. 32 10 47 33 78
Fax 32 10 45 73 50
duc@ciaco.com

Table des matières

Table des matières **5**

Résumé **11**

Abstract **11**

Remerciements **13**

Préambule **17**

Introduction générale **23**

1.1. D'enseignant… *23*

1.2. … à chercheur *26*

1.3. Approche de la recherche doctorale *30*

2. Problématique **33**

Justification sociétale et état de l'art **33**

2.1. Justification sociétale *33*
2.1.1. La pensée critique au travers des médias 34
2.1.2. La pensée critique dans les textes internationaux 34
2.1.3. La pensée critique dans l'éducation 36
2.1.4. La pensée critique dans les curricula scolaires 37

2.2. État de l'art *39*
2.2.1. Le développement de la pensée critique des enseignants 39
2.2.2. Le développement de la pensée critique des élèves 42

3. Cadre théorique **55**

Entre didactique, pédagogie et sciences cognitives **55**

3.1. Socioconstructivisme et enseignement des sciences fondé sur l'investigation *56*
3.1.1. Représentations 60
3.1.1.1. Définitions 60
3.1.1.2. Recueil et usages 61
3.1.2. Investigation 62

3.2. Pensée critique *69*
3.2.1. Définitions 69
3.2.2. Pensée critique et capacités 74
3.2.3. Pensée critique et démarches à mener 77

3.3. Métacognition *80*

3.3.1. Métacognition et pensée critique 83

3.4. Contrôle inhibiteur *87*
3.4.1. Fonctions exécutives 87
3.4.2. Contrôle inhibiteur et représentations en sciences 91
3.4.3. Contrôle inhibiteur : microprocessus favorable à la métacognition et à la pensée critique 92

3.5. Modèle du dispositif *96*

4. Méthodologie générale **103**

Présentation globale des outils utilisés **103**

4.1. Question de recherche *103*

4.2. Étude 1 *105*
4.2.1. Outil, questionnaire sur les représentations de la pensée critique 106
4.2.2. Type de recherche et modalités d'analyse 108

4.3. Étude 2 *108*
4.3.1. Présentation du dispositif 109
4.3.2. Type de recherche et modalités d'analyse 109
4.3.3. Outils 110
4.3.3.1. Cornell Critical Thinking Test 110
4.3.3.2. Documents de traces lors des pauses métacognitives 118
4.3.3.3. Situations-problèmes 126
4.3.3.4. Questionnaires à destination des élèves au terme du dispositif 129

4.4. Étude 3 *129*
4.4.1. Type de recherche et modalité d'analyse 131
4.4.2. Sous-questions de recherche et hypothèses 132
4.4.3. Outils 134
4.4.3.1. Cornell Critical Thinking Test 134
4.4.3.2. Documents de traces lors des pauses métacognitives 134
4.4.3.3. Situations-problèmes 134
4.4.3.4. Entrainement du contrôle inhibiteur 138
4.4.3.5. Entretiens semi-directifs 139
4.4.3.6. Questionnaires à destination des élèves au terme du dispositif 139
4.4.3.7. Évaluations en milieu scolaire 140

5. Partie empirique **145**

Présentation des trois études réalisées **145**

5.1. Étude 1, les représentations des enseignants sur la pensée critique et son développement au sein de leurs cours *145*
5.1.1. Méthodologie 145
5.1.1.1. Échantillon 146
5.1.1.2. Outil de collecte de données 148
5.1.1.3. Questions de recherche et hypothèses 148
5.1.1.4. Méthodologie d'analyse 149
5.1.1.5. Autorisation et respect de la vie privée 149
5.1.2. Résultats 149
5.1.2.1. Les représentations concernant la pensée critique 149
5.1.2.2. Les capacités pratiquées pour développer la pensée critique 153

5.1.2.3. Les capacités estimées essentielles pour développer la pensée critique 158
5.1.3. Discussion 162
5.1.3.1. Analyse des représentations enseignantes sur la pensée critique 163
5.1.3.2. Analyse des capacités pratiquées par les enseignants pour développer la pensée critique 164
5.1.3.3. Analyse des capacités estimées essentielles par les enseignants pour développer la pensée critique 165

5.2. Étude 2, influence des pauses métacognitives sur les compétences critiques 168
5.2.1. Méthodologie 168
5.2.1.1. Échantillon 168
5.2.1.2. Présentation du dispositif et des outils didactiques 169
5.2.1.3. Questions de recherche et hypothèses 175
5.2.1.4. Méthodologie d'analyse 175
5.2.1.5. Autorisation et respect de la vie privée 176
5.2.2. Résultats 176
5.2.2.1. Analyse quantitative et qualitative de l'influence des pauses métacognitives sur l'évolution des résultats au CCTT 176
5.2.2.2. Analyse quantitative et qualitative de l'influence des pauses métacognitives sur la capacité à transférer 180
5.2.2.3. Analyse qualitative des écrits collectés durant les pauses métacognitives 182
5.2.2.4. Appropriation de la démarche par les élèves et l'enseignante stagiaire 186
5.2.3. Discussion 186

5.3. Étude 3, influence des pauses métacognitives et du contrôle inhibiteur sur le développement de la pensée critique, approche quantitative 191
5.3.1. Méthodologie 191
5.3.1.1. Questions de recherche et hypothèses 191
5.3.1.2. Description de l'échantillon 192
5.3.1.3. Outils de collecte de données 198
5.3.1.4. Déroulement de la recherche longitudinale 199
5.3.1.5. Méthodologie d'analyse 202
5.3.1.6. Cadre éthique 203
5.3.2. Résultats 204
5.3.2.1. Homogénéité des groupes de recherche 205
5.3.2.2. Corrélation a priori entre les variables 211
5.3.2.3. Évolution de la pensée critique (CCTT) 215
5.3.2.4. Évolution des dimensions de la pensée critique (CCTT) 222
5.3.2.5. Évolution du contrôle inhibiteur (Test de Stroop) 235
5.3.2.6. Synthèse des évolutions observées 242
5.3.3. Discussion 244
5.3.3.1. Les outils de collecte de données 244
5.3.3.2. Les corrélations à priori 245
5.3.3.3. Le dispositif centré sur des macro- et microprocessus favorise le développement de la pensée critique 245
5.3.3.4. La structure scolaire de base favorise le développement de la pensée critique 249
5.3.3.5. Le dispositif de recherche est favorable pour les élèves initialement les plus faibles 250
5.3.3.6. Les connaissances antérieures influencent l'évolution de la pensée critique 251
5.3.3.7. Le genre des élèves influencent l'évolution de la pensée critique 252
5.3.3.8. Le cours de sciences générales est préférable au cours de sciences de base pour favoriser le développement de la pensée critique 252
5.3.3.9. L'évolution du contrôle inhibiteur 253
5.3.3.10. Conclusion 253

5.4. Étude 3, influence des pauses métacognitives et du contrôle inhibiteur sur le développement de la pensée critique, approche qualitative 256
5.4.1. Méthodologie 258
5.4.1.1. Matériau 259
5.4.1.2. Questions de recherche et hypothèses 260
5.4.1.3. Méthodologie d'analyse 261

5.4.1.4. Autorisation et respect de la vie privée 262
5.4.2. Résultats 263
5.4.2.1. Contextualisation 263
5.4.2.2. Pause métacognitive et didactique des sciences 269
5.4.2.3. Pause métacognitive et approche socioconstructiviste 283
5.4.2.4. Pause métacognitive et motivation 285
5.4.2.5. Contrôle inhibiteur et motivation 290
5.4.2.6. Regards d'enseignants 292
5.4.3. Discussion 297
5.4.3.1. Appropriation du dispositif par les élèves 298
5.4.3.2. Liens avec l'approche quantitative 302

Discussion générale 313

6.1. Retour sur le dispositif et les objectifs poursuivis 313
6.1.1. L'étude 1, les représentations des enseignants 315
6.1.2. L'étude 2, l'évaluation de la faisabilité du dispositif 317
6.1.3. L'étude 3, la mise en œuvre longitudinale du dispositif 319
6.1.3.1. L'approche quantitative 320
6.1.3.2. L'approche qualitative 322

6.2. Éclairage croisé des études 325
6.2.1. Recommandations pour la pratique professionnelle des enseignants 326
6.2.2. Influence d'un macroprocessus et d'un microprocessus sur la pensée critique évaluée par le CCTT 328
6.2.3. La démarche d'investigation comme une démarche pour favoriser la pensée critique 332
6.2.4. Convergence et complémentarité entre les approches quantitatives et qualitatives 333
6.2.5. Limites méthodologiques 335
6.2.6. Un dispositif entre socioconstructivisme et cognitivisme 337

6.3. Apports du dispositif mis en œuvre 339
6.3.1. Une démarche intégrée : investigation, métacognition et contrôle inhibiteur 339
6.3.2. Une formalisation transposable dans les pratiques enseignantes 340
6.3.3. Un dispositif bénéfique pour les élèves 341

Conclusion et perspectives 347

7.1. Conclusion des résultats 348

7.2. Perspectives 350
7.2.1. Perspectives d'amélioration du dispositif 350
7.2.2. Perspectives de diffusion et de formation 353
7.2.3. Perspectives pour d'autres recherches 355

7.3. Le mot de la fin 357

Table des tableaux 361

Table des figures 369

Références bibliographiques 375

Annexes **399**

Annexe 1 : Questionnaire sur les représentations de la pensée critique des enseignants 399

Annexe 2 : Exemples de questions du Cornell Critical Thinking Test (Ennis et al., 2005) 406

Annexe 3 : La démarche d'investigation, « La maison volante » *408*

Annexe 4 : La démarche d'investigation, la neutralisation en chimie *429*

Annexe 5 : Guide des entretiens semi-directifs *431*

Annexe 6 : Questionnaire soumis au terme de l'étude 2 *432*

Annexe 7 : Questionnaire soumis au terme de l'étude 3 *443*

Annexe 8 : Données de l'échantillon de l'étude 1 comparées aux données de la Fédération Wallonie-Bruxelles *460*

Annexe 9 : Exemples de traces écrites lors des pauses métacognitives de l'étude 2 *461*

Annexe 10 : Test de Shapiro-Wilk pour l'échantillon de l'étude 3 *463*

Annexe 11 : Test t pour échantillons appariés et test de Wilcoxon pour l'échantillon de l'étude 3 *485*

Annexe 12 : Test de corrélation de Pearson entre les variables a priori, lors de l'étude 3 522

Annexe 13 : Test de corrélation de Pearson entre les variables et les dimensions du CCTT a priori, lors de l'étude 3 *524*

Annexe 14 : Traces collectées durant les pauses métacognitives, lors de l'étude 3 *526*

Annexe 15: Transcription des entretiens semi-directifs de mars 2023, lors de l'étude 3 576

Annexe 16: Questionnaire a posteriori, définition du terme « pause métacognitive » au 15 mai 2023, lors de l'étude 3 *596*

Annexe 17 : Questionnaire a posteriori, définition du terme « contrôle inhibiteur » au 15 mai 2023, lors de l'étude 3 *597*

Annexe 18 : Questionnaire a posteriori, items du questionnaire a posteriori portant sur les pauses métacognitives, lors de l'étude 3 *598*

Annexe 19: Questionnaire a posteriori, items du questionnaire a posteriori portant sur l'entrainement du contrôle inhibiteur, lors de l'étude 3 *604*

Annexe 20: Démarche d'investigation en chimie « la neutralisation », données des élèves emblématiques *607*

Annexe 21: Démarche d'investigation en électricité un an après le dispositif, données des élèves emblématiques de l'étude 3 *612*

Annexe 22: Réflexion de MONSIEUR E le 21 octobre 2022 *616*

Annexe 23: Réflexion de MONSIEUR A *619*

Annexe 24: Situation d'apprentissage, intégrant les pauses métacognitives, intégrée dans le programme de S1 du Ségec *624*

Annexe 25: Fiche méthodologique sur la métacognition réalisée pour accompagner le programme de S1 du Ségec *635*

Résumé

Le développement de la pensée critique constitue un enjeu sociétal majeur et occupe une place croissante dans les curricula scolaires. Or, dans le cadre de cette recherche, une enquête menée auprès d'enseignants de Belgique francophone montre que leurs représentations de cette compétence sont peu étayées et que, faute de temps, de ressources ou de formation, ils ne se sentent pas outillés pour la développer systématiquement en classe. Dans cette perspective, un dispositif didactique socioconstructiviste a été conçu pour des élèves de troisième secondaire (14–15 ans). Il mobilise la démarche d'investigation (DI) scientifique, soutient l'élaboration réflexive via des pauses métacognitives et/ou propose des activités ciblées d'entraînement du contrôle inhibiteur (CI). Le développement de la pensée critique est mesuré au moyen du *Cornell Critical Thinking Test*. L'impact des pauses métacognitives et du contrôle inhibiteur fait l'objet d'une analyse mixte. Une première étude exploratoire menée avec 32 élèves durant cinq semaines ne démontre pas une amélioration globale significative de la pensée critique, mais souligne que l'évolution de la capacité sous-jacente de déduction et que les résultats à un exercice de transfert, sont corrélés au nombre de pauses métacognitives intégrées à la DI. Après amélioration du dispositif, une seconde étude, menée avec 295 élèves pendant une année scolaire, révèle qu'un dispositif centré sur l'entraînement du CI ou la mise en œuvre de pauses métacognitives dans la DI est bénéfique au développement de capacités sous-jacentes à la pensée critique. L'engagement des élèves est un facteur clé et l'enseignant joue un rôle essentiel pour expliciter les démarches, guider les interactions et donner sens à l'entraînement du CI. Ces résultats soulignent la nécessité de former les enseignants au développement de la pensée critique et d'expérimenter le dispositif amélioré dans d'autres contextes.

Abstract

Developing critical thinking is a major societal challenge and occupies an increasingly prominent place within school curricula. However, a survey conducted among teachers in French-speaking Belgium shows that their representations of this competence are weakly substantiated and that, due to a lack of time, resources or training, they do not feel equipped to develop it systematically in the classroom. In this perspective, a socio-constructivist instructional intervention was designed for Grade 9 students (aged 14–15). It draws on scientific inquiry-based learning, supports reflective thinking through metacognitive pauses and/or introduces targeted activities for inhibitory control training. The development of critical thinking is assessed using the Cornell Critical Thinking Test, and the impact of metacognitive pauses and inhibitory control is examined through a mixed-methods design. A first exploratory study conducted with 32 students over five weeks did not demonstrate a significant overall improvement in critical thinking; however, it highlights that the evolution of the underlying capacity of deduction and outcomes on a transfer exercise, correlate with the number of metacognitive pauses integrated into the inquiry process. Following an enhancement of the intervention, a second study conducted with 295 students over a full school year reveals that an intervention centred either on inhibitory control training or on the implementation of metacognitive pauses within scientific inquiry-based learning benefits the development of capacities underpinning critical thinking. Student engagement emerges as a key factor, and the teacher plays an essential role in explicating metacognitive processes, guiding interactions and giving meaning to inhibitory control training. These findings underline the need to train teachers in developing critical thinking and to test the improved instructional intervention in other educational contexts.

Remerciements

Cette thèse est le fruit de rencontres exceptionnelles, de collaborations d'une richesse incroyable et d'un soutien familial inébranlable. D'une discussion au détour d'un café à la relecture assidue de ce travail, en passant par la mise en œuvre du dispositif didactique, chaque personne rencontrée dans le cadre de cette recherche permet de présenter cette thèse aujourd'hui. Pour cela, je les remercie du fond du cœur.

Alors que je prends le temps d'écrire ces lignes à quelques jours de rendre ce travail aux membres de mon jury, je me rends compte qu'un mot revient régulièrement à mon esprit : la bienveillance. Le parcours de doctorant est unique à bien des égards. Lorsque l'on doit prendre la parole pour la première fois, face à un public d'académiques usés aux codes de la recherche, critiques, experts de leur domaine, la légitimité de cette prise de parole est mise à mal. Et pourtant, sous le regard bienveillant de ces personnes qui ne me connaissent pas (ou peu), il m'est permis de m'exprimer. Leurs critiques et leurs encouragements me permettent de progresser et de présenter le travail que vous tenez entre les mains.

Tout d'abord, je tiens à remercier mes promotrices de thèse, Catherine Van Nieuwenhoven et Myriam De Kesel. Chacune à sa façon, par son accompagnement et son expérience, m'a permis de progresser tout au long de ce parcours doctoral. Avant de débuter ce cheminement avec elles, je n'étais que peu accoutumé à la posture de chercheur. Grâce à leurs conseils, leurs expertises et leur bienveillance, j'ai découvert un monde qui m'était inconnu et j'y ai appris les codes pour avancer sereinement. Catherine m'a permis de mieux comprendre les sciences de l'éducation avec rigueur, l'importance de se référer à des recherches antérieures, car le monde est riche de connaissances, la nécessité de tisser des liens entre les idées et de dessiner le cadre dans lequel cette recherche se déploie. Tout en me laissant beaucoup de liberté pour poser mes choix, elle me partage son expertise, son regard critique sur le poids des mots employés, et est la garante d'une rigueur académique que je dois tenter d'atteindre. Myriam, par la richesse de notre collaboration, m'a permis de me dépasser, d'oser faire toujours un pas de plus pour construire un dispositif didactique cohérent, de diffuser cette recherche sur la scène internationale. Grâce à ses relectures précises, ma capacité de rédaction s'est considérablement améliorée. Myriam m'a accueilli au Laboratoire de Didactique des Sciences, m'y a fait une place, m'a permis de m'y sentir bien et de m'y épanouir.

Ensuite, je tiens à remercier les membres de mon comité d'accompagnement, Vanessa Hanin et Jim Plumat. Avec la confiance qu'ils ont placée dans ce

projet de thèse, ils m'ont offert leur expertise pour faire évoluer au mieux mon travail. Vanessa, par son analyse fine et son expertise des approches quantitatives et qualitatives, m'a permis de questionner mes productions écrites et de les faire évoluer pour une meilleure compréhension et une plus grande rigueur. Jim, par ses questions de réflexivité et par son ouverture d'esprit, m'a permis d'enrichir le dispositif créé en y apportant une perspective nouvelle et m'a poussé à toujours affiner et discuter mes écrits en osant défendre une position argumentée.

Je remercie le FNRS pour la confiance accordée à mon projet de thèse et pour l'octroi d'une Bourse Spéciale de Doctorat, qui m'a permis de finaliser la rédaction de mon travail dans les meilleures conditions.

Je remercie aussi toutes les personnes de mon école ayant permis que ce projet se construise : les élèves qui ont joué le jeu d'être des cobayes, de tester le dispositif, de compléter des questionnaires, d'entrainer leur contrôle inhibiteur, d'être enregistrés, d'être si spontanés et sincères dans leurs interventions, d'être si intéressés et intéressants et qui m'ont permis d'obtenir des données si riches à analyser ; les collègues de sciences qui, même s'ils m'ont pris pour un fou, m'ont soutenu dans cette folie, ont pris de leur temps pour être formés, pour mettre en place le dispositif, pour faire passer des tests, pour me partager leurs impressions et sont allés jusqu'au bout malgré la quantité de travail importante qu'ils ont à gérer en temps normal ; le directeur de l'école qui a soutenu mon parcours doctoral en organisant mon horaire scolaire de façon à pouvoir me rendre à Louvain-la-Neuve une fois par semaine alors que j'enseignais à temps plein et qui a accepté que je mène cette expérimentation au sein de son école ; tous mes collègues qui, de près ou de loin, m'ont soutenu dans ce projet en m'encourageant et me montrant que le sujet questionné a du sens pour eux.

Je remercie également toutes les personnes que j'ai croisées durant ces six années de parcours doctoral et qui m'ont accompagné dans la construction de cette recherche. Je remercie Marie Noëlle Hindryckx et Manuel Bächtold, membres du jury, qui m'ont accueilli avec une gentillesse infinie et une grande disponibilité au sein de leur laboratoire de l'Université de Liège et de l'Université de Montpellier. Ils me permettent de m'ouvrir au monde qui m'entoure et, grâce à leurs regards d'expert, ce travail est encore davantage nourri. Je remercie Stéphane Colognesi qui a accepté de prendre le rôle de président du jury. Au détour des laboratoires formels de la formation doctorale de la faculté de psychologie et des sciences de l'éducation et des séminaires de l'école doctorale de didactique des disciplines, Stéphane a vu ma recherche de thèse évoluer au fil du temps. Sa disponibilité, sa bienveillance, sa sympathie et son écoute ont été un moteur durant ces six années. Je remercie Laure Lechanteur et Lorine Piron, alors étudiantes en

haute école pédagogique, qui ont montré un intérêt pour le développement de la pensée critique en cours de sciences et m'ont fait confiance pour que je les accompagne comme co-promoteur de leurs travaux de fin d'études. Je les remercie pour la riche collaboration qui a permis la collecte des données, mais également la prise de recul qu'elles ont apportée. Je remercie Divna Brajkovic et Isabelle Maleux d'HELMo Sainte-Croix qui m'ont fait confiance pour accompagner ces étudiantes en leur proposant de prendre part à cette recherche doctorale. Je remercie Pierre-Yves Druard qui m'a permis d'utiliser sa plateforme J'Apprends Autrement pour évaluer le contrôle inhibiteur. Sa disponibilité et sa réactivité ont permis de résoudre tous les petits bugs rencontrés et ont permis de collecter des données essentielles pour cette recherche. Je remercie Cédric Vanhoolandt pour nos échanges autour de nos parcours de doctorant, pour son excellent travail de thèse qui m'a permis de mieux appréhender la mesure des fonctions exécutives et pour oser établir des ponts entre les neurosciences et les sciences de l'éducation. Ainsi, nous sommes frères au regard de nos parents de thèse. Je remercie Isabelle Focant, également doctorante de Myriam, avec qui je partage un bureau au LDS, une formation d'écriture à l'ULB et aussi d'excellents souvenirs lors du WEJCh de l'ARDIST à Toulouse. Nos discussions autour de nos recherches respectives ont été des soutiens pour continuer à avancer sans baisser les bras. Je remercie les personnes rencontrées à l'UCLouvain et ailleurs pour leur écoute, leur énergie positive et leur partage d'expérience dont Marie-France Stordeur, David Cross, Aurélie Zwang, Antonin Boyer, Simon Demorsy et Élise Barbier. Je remercie toute l'équipe du groupe d'écriture du programme de sciences du Ségec, Pascale, Stéphanie, Laurence, Karim, Éric et Margaux ; je les remercie pour leur soutien, leur confiance, leur ouverture d'esprit à tenter d'intégrer le dispositif de recherche créé dans des situations d'apprentissage ainsi que pour la bonne ambiance insufflée pour créer les nouveaux programmes.

Enfin, je remercie ma famille pour leur accompagnement durant tout ce parcours. Ma petite sœur, Manon, traductrice officielle du CCTT, m'apporte des perles de pensées positives pour continuer à croire en moi. Je remercie mon papa et ma maman pour leurs encouragements, pour la recherche d'articles portant sur la pensée critique dans les journaux et leur aide pour garder Charles et gérer le quotidien quand il fallait du calme à la maison. Mes amis de toujours, Frédéric et Guy, pour leurs encouragements sans faille. Je remercie de tout mon cœur mon épouse, Gaëlle, et mon fils, Charles. Si la thèse n'est signée que de mon nom, il n'empêche qu'une recherche de doctorat a été pour nous une aventure familiale. Dans tous les moments de doute, les sempiternelles relectures d'articles, les « je dois juste écrire un mail » qui durent plusieurs heures, les moments de joie et d'allégresse, Gaëlle

est présente. Elle sait tout autant que moi la complexité d'un tel parcours. Par ses coups de boost, son soutien envers et contre tout, son énergie à me pousser à prendre le temps nécessaire pour écrire dans les dernières semaines, j'ai réussi à finaliser ce sacré challenge. Cette recherche est une épreuve familiale, car, pendant que j'écris ces lignes, je ne prends pas le rôle que je souhaite occuper dans ma famille. Gaëlle fait preuve d'une incroyable compréhension depuis le début de ce parcours doctoral avec ses hauts et ses bas. Pour son aide lorsque je dois travailler soirée après soirée et jusqu'aux petites heures du matin, pour nos échanges et nos discussions animées et envolées autour de la pensée critique dans la société, pour son aide à trouver les mots justes, pour son soutien dans les moments de panique totale, pour son sens de l'organisation, pour ses bons conseils en aromathérapie (cette thèse doit être imbibée de *Laurus nobilis*), je la remercie infiniment. Mon fils est arrivé durant mon parcours doctoral en janvier 2021 et il est depuis lors source de joie, d'amour et d'espoir. Je remercie Charles pour sa joie au quotidien, sa capacité à me ramener les pieds sur terre lorsque ma tête part dans des considérations bien trop éloignées, son aide lorsque, sur mes genoux, il veut écrire pour moi sur l'ordinateur, sa source d'apaisement lorsqu'il m'invite à jouer avec ses Lego et à lire un livre. Je vous aime plus que tout.

Alors que je me rendais au Laboratoire de Didactique des Sciences, quelques semaines avant de rendre ce travail, je me suis rendu compte que la clé du labo était sur le même porte-clé que la clé de la maison de mes parents. Je me rends compte à présent de cette symbolique. Myriam et Jim m'ont ouvert la porte du LDS et m'y ont accueilli de la meilleure façon qui soit. Merci pour leur accueil et leur bienveillance pendant toutes ces années de collaboration.

Préambule

Comment introduire une thèse de doctorat ? Comment raconter l'histoire de ce parcours doctoral tout en présentant le cœur de sa recherche avec exactitude ? Comment accompagner la lectrice ou le lecteur dans cette aventure ? Car, au-delà d'une démarche scientifique, ce parcours doctoral est une aventure unique. Au cœur de chaque rencontre, je me suis rendu compte que chaque doctorant vivait un parcours qui lui était propre. Nous vivons les mêmes séminaires et rencontres, nous déambulons dans les mêmes couloirs et pourtant nous vivons cette expérience de façon tout à fait singulière. Il me parait alors important d'entamer la rédaction de cette thèse par une contextualisation de mon parcours de doctorant.

Durant ma formation d'enseignant en sciences en haute école pédagogique, j'ai déjà pris beaucoup de plaisir à mener une recherche dans le cadre de mon travail de fin d'études. Bien qu'éloigné des standards de rigueur imposés par la recherche scientifique, ce travail a marqué un tournant dans mon rapport à cette dernière. La recherche n'est pas dévolue qu'aux sciences fondamentales. La recherche se réalise dans tout domaine vivant et évoluant. Une recherche se vit et ses résultats se partagent. J'ai ainsi pu vivre une première expérience de partage du fruit de mon travail de fin d'études lors d'une rencontre internationale en didactique de la chimie. Ensuite, en tant qu'étudiant à la FOPA (École de Formation d'Adultes de l'UCLouvain) et lors de la réalisation de mon mémoire, l'intérêt que je porte à la recherche et au monde académique n'a fait que se confirmer. J'ai découvert la richesse de l'expérimentation en classe, la richesse du partage avec les élèves pour favoriser leurs apprentissages en sciences ainsi que la richesse de sortir de sa zone de confort en classe en osant explorer de nouvelles approches et remettre en question ses pratiques. Ayant cette conception de l'enseignement « vivant » s'adaptant aux évolutions de la société et des élèves, j'ai souhaité continuer à faire vivre cette évolution de l'enseignement dans ma pratique après avoir réalisé mon master en sciences de l'éducation. J'ai poussé la porte du LDS (Laboratoire de Didactique des Sciences) de l'UCLouvain avec le souhait d'apporter mon aide d'enseignant pour mettre en œuvre des recherches au sein de mes classes. Je suis ressorti avec une proposition d'entamer une recherche doctorale en didactique des sciences. Je ne sais plus si, en 2019, j'avais pris la mesure de cette chance qui m'était offerte. Certes, je n'avais pas imaginé le parcours que j'allais entamer. Et maintenant que je suis au crépuscule de ce travail, je me rends compte de l'expérience incroyable qui m'a été donnée de vivre.

Deux thèmes m'ont été proposés : la créativité dans l'enseignement des sciences ou la pensée critique dans l'enseignement des sciences. Ce sont deux sujets extrêmement intéressants et essentiels à notre société, mais rapidement la pensée critique s'est imposée à moi. En effet, autant il me paraissait ardu de traiter de la créativité, car il me semble que j'en manque, moi-même, et cela pourra être le sujet de mes prochains développements de compétences professionnelles et personnelles ; autant la pensée critique faisait écho à un lien direct avec ma représentation de la démarche scientifique et revenait régulièrement dans les discussions avec mes collègues. Ainsi, cette recherche sur la pensée critique dans

l'enseignement des sciences fut ancrée dans ma pratique professionnelle dès le commencement.

Ce cheminement doctoral a été l'occasion de prendre conscience de l'importance et de la richesse des interactions avec divers acteurs du milieu de l'éducation. Les collaborations et échanges réalisés avec ces professionnels m'ont initié à une pluralité d'approches pédagogiques et didactiques, élargissant significativement mes connaissances initiales. De plus, la possibilité de discuter avec des spécialistes reconnus internationalement en pensée critique, notamment aux États-Unis, en France et au Québec, a enrichi considérablement mon regard de chercheur et mes pratiques enseignantes. Je tiens particulièrement à souligner la culture du partage intellectuel et scientifique qui a caractérisé ces rencontres. La réalisation d'un doctorat représente un défi considérable, impliquant des sacrifices personnels significatifs. Toutefois, malgré les difficultés inhérentes à ce parcours, l'expérience s'est avérée profondément formatrice tant sur le plan personnel que professionnel. Cette formation m'a permis de prendre en considération la diversité des pratiques professionnelles des enseignants, m'a incité à remettre en question ma méthode de travail ainsi que mes pratiques didactiques et pédagogiques et m'a donné l'opportunité, à ma mesure, d'apporter des connaissances nouvelles pour nourrir l'état de l'art.

Ayant réalisé cette recherche doctorale sur fonds propres, je l'ai menée parallèlement à mon métier d'enseignant à temps plein dans le secondaire. Ainsi, l'enseignant et le chercheur ne font qu'un. Durant toute cette recherche, cela a été un défi de prendre de la distance par rapport à ma posture d'enseignant. De la même façon que ma posture de chercheur a influencé ma pratique professionnelle, il est indéniable que ma posture d'enseignant a influencé ma pratique en tant que chercheur. Avec ma casquette de chercheur réalisant ces études et celle d'enseignant portant cette recherche au cœur de ma classe, il est nécessaire de porter un regard critique sur ma pratique professionnelle ainsi que sur ma motivation à mettre en œuvre l'ensemble du dispositif didactique présenté. Cela n'enlève aucune validité à l'analyse réalisée, cela permet de la mettre en perspective avec une certaine réalité. J'ai réalisé le dispositif avec mes groupes classes. J'étais en contact avec mes collègues quotidiennement. J'ai discuté plusieurs fois de mon rôle de chercheur avec mes élèves qui y montraient un certain intérêt. Je n'ai pas vécu ce dispositif de façon distanciée. J'étais « dedans » quotidiennement à vérifier que tous avaient les feuilles nécessaires ou encore que les tablettes étaient disponibles pour réaliser l'entrainement du contrôle inhibiteur. C'est donc une recherche vécue avec toute mon énergie et toute ma motivation dans un contexte professionnel idéalement bienveillant. Cela doit être là sa plus grande force, mais peut-être également une source de faiblesse au regard des réalités diverses qui existent dans le contexte scolaire belge. Parallèlement à la recherche qui s'est ainsi invitée dans mon milieu professionnel, j'ai été un enseignant du secondaire qui a fréquenté le monde de la recherche. En participant à de nombreux séminaires et plusieurs colloques, en évoluant au sein de l'UCLouvain et en contribuant à diffuser de nouvelles connaissances dans des écrits, j'ai enrichi ma compréhension de cette profession ainsi que ma pratique professionnelle.

Finalement, la mise à distance de mon rôle d'enseignant a eu lieu durant cette dernière année de thèse. Durant l'année scolaire 2024-2025, j'ai bénéficié d'une bourse spéciale de

doctorat (BSD) du FNRS (Fonds national de la recherche scientifique). Cette bourse m'a permis d'être détaché de mon temps plein d'enseignant pendant un an et de devenir pleinement chercheur. Cette année a été d'une richesse incroyable, me permettant de prendre le temps nécessaire pour finaliser la rédaction de cette thèse, mais aussi de poursuivre ma participation, en tant que chercheur, à de nombreuses activités telles que des séminaires, des comités scientifiques et l'organisation de colloques, ou encore un séjour à l'étranger.

Notons que cette recherche doctorale est réalisée à un moment charnière de l'émergence de l'intelligence artificielle (IA) dans la société et dans l'évolution de ses usages. En effet, en 2019, lorsque débute ce doctorat, l'intelligence artificielle générative n'était pas présente dans notre quotidien et l'on ne se doutait pas de la révolution qui arrivait. En 2025, au moment d'écrire ces lignes, l'IA, se fondant sur des modèles toujours plus perfectionnés, est de plus en plus utilisée dans les productions de toute sorte. Ainsi, l'IA a été utilisée ponctuellement durant ce travail, en accord avec les recommandations de Deville et al. (2024) établissant un guide pour une « utilisation responsable de l'intelligence artificielle générative » pour l'UCLouvain.

Dans un souci de lisibilité, l'emploi du masculin est utilisé à titre épicène et désigne indifféremment les personnes de tous genres.

Chapitre 1

Introduction générale

Introduction générale

1.1. D'enseignant…

En tant qu'enseignant en sciences, j'ai déjà reçu de la part de certains élèves des vidéos de « sciences » surprenantes qu'ils avaient dénichées sur internet m'annonçant un phénomène incroyable. Malheureusement, il n'en était rien. Il s'agissait de vidéos truquées et mises en ligne pour jouer sur les émotions, favorisant le « clic » et générant alors de l'argent. Je m'étonnais alors, en me disant que les élèves avaient été manipulés, qu'ils avaient manqué de pensée critique alors qu'ils avaient à disposition des outils qui auraient pu les aider à y voir clair. Notons qu'une définition de la pensée critique est construite dans le cadre théorique de ce travail (cf. 3.2.1. Définitions).

Dans la salle des profs, en discutant avec d'autres collègues de sciences ou d'autres disciplines, j'ai entendu souvent dire « Les élèves ne font plus preuve de pensée critique ! ». Que ce soit en histoire pour critiquer des documents, en religion pour poser des choix, en français pour analyser des textes argumentatifs, en géographie lors de l'analyse de discours politiques ou d'éléments d'actualité, ou encore en sciences pour analyser des données obtenues sur internet, plusieurs collègues se sont déjà plaints de ce manque. Parfois disant que les élèves en avaient de moins en moins, parfois étant seulement dépités du manque de pensée critique, ils étaient toujours assez désemparés. Au-delà du constat qu'ils posaient, ils ne mentionnaient pas de solution pour aider les élèves, si ce n'est en réagissant ponctuellement à la problématique qu'ils relevaient.

Depuis quelque temps, en tant qu'enseignant et citoyen, je m'interroge sur le monde dans lequel nous vivons. Ce 7 janvier 2025, une annonce de Mark Zuckerberg, PDG de Meta (propriétaire de Facebook, Instagram, et Thread), attire mon attention : il a décidé de retirer les modérateurs de *fact-checking* de ses plateformes, arguant qu'il s'agit de restaurer la liberté d'expression pour ses utilisateurs, en permettant à la communauté de vérifier, commenter et déterminer la validité des informations diffusées (RTBF, 2025). Ce changement va même jusqu'à soulever des questions au Parlement européen (European Parliament, 2025).

Si l'idée de déléguer cette tâche à la communauté d'utilisateurs semble intéressante, elle soulève plusieurs questions fondamentales : qu'est-ce qui constitue une vérité ? Comment différencier un fait d'une interprétation ? Et surtout, les utilisateurs sont-ils réellement capables de vérifier les informations qui circulent sur ces plateformes ?

Les réseaux sociaux ont pris une place centrale dans la diffusion de l'information, surpassant les médias traditionnels qui, eux, suivent un cadre strict de production de contenus vérifiés. Les journalistes des grands médias s'appuient sur une démarche d'investigation rigoureuse, appuyée par des rédactions, des éditeurs et un contrôle éditorial. Toutefois, ces

mécanismes de vérification semblent perdre de leur influence face à la rapidité de diffusion des informations sur les réseaux sociaux, souvent sans nuances et polarisées.

L'absence de nuances dans les débats politiques et géopolitiques sur les réseaux sociaux est frappante. Les réponses simplistes remplacent souvent les analyses complexes et nuancées. Bronner (2025) parle de la loi de Brandolini expliquant qu'il est beaucoup plus complexe et que cela prend beaucoup plus de temps de déconstruire une information fausse que de la produire et de la diffuser.

Ainsi, nous constatons une perte progressive de la qualité des informations nuancées et vérifiées. La décision de Zuckerberg de confier aux utilisateurs la responsabilité de vérifier ces informations est préoccupante. Ces derniers sont-ils suffisamment outillés pour nuancer, vérifier et interpréter ces données ? Nos élèves sont-ils suffisamment outillés pour réaliser ces démarches ? Pour répondre à ces enjeux, il est nécessaire de développer des compétences spécifiques, à savoir la capacité à classer les informations, à vérifier les sources et à nuancer des propos. De façon plus générale et médiatique, Bronner (2025) parle également de la nécessité d'être conscient de ses propres biais de confirmation et de l'influence des émotions sur la perception des informations de façon à traiter au mieux ces dernières.

Ces capacités font partie intégrante de ce que l'on appelle la pensée critique (Paul et al., 1989). Le développement de la pensée critique peut commencer dès le plus jeune âge (Abrami et al., 2008). Par exemple, un enfant qui apprend à classer des objets en fonction de leur température (chaud ou froid) fait déjà preuve d'une forme de pensée critique en se basant sur des éléments factuels plutôt que sur des émotions. De même, des enfants qui débattent en groupe à l'école développent leur capacité à nuancer leurs opinions et à penser de manière critique (Daniel et al., 2005). À mesure qu'ils grandissent, ces capacités s'affinent et ils deviennent capables de mener des recherches, d'argumenter et de débattre de manière plus construite. Il est important de noter que le développement de la pensée critique est étroitement lié aux connaissances (Farina et Pasquinelli, 2019). Un enfant de 7 ans, un adolescent de 15 ans et un adulte de 30 ans ne possèdent pas les mêmes connaissances, ce qui influence leur capacité à analyser et interpréter les informations. Le développement de la pensée critique peut ainsi se poursuivre à tout âge, et l'école joue un rôle primordial dans ce processus (Abrami et al., 2008).

Le développement d'une pensée critique chez les élèves est présent (selon des niveaux d'importance variable) dans les prescrits scolaires de différents pays (Belgique, France, Suisse, Québec, Royaume-Uni, États-Unis... pour ne citer qu'eux). Dans les pays anglophones, la pensée critique est intégrée dans les programmes scolaires depuis plusieurs années. Par exemple, dans le *National Curriculum in England* (Department for Education, 2013), le programme des cours dans l'enseignement obligatoire au Royaume-Uni, le développement d'une pensée critique est présent tout au long du cursus obligatoire (de 5 ans à 16 ans) et se retrouve dans plusieurs disciplines (mathématiques, histoire, art…). En francophonie, et plus particulièrement en Belgique, elle commence à trouver sa place dans les référentiels éducatifs grâce au tronc commun et au Pacte d'Excellence. Ce dernier met l'accent sur le développement de la pensée critique dans un cadre pédagogique structuré.

Cependant, la question demeure : comment développer cette compétence dans un programme scolaire déjà chargé ? Il nous semble que la solution réside dans l'intégration de la pensée critique dans les pratiques pédagogiques existantes. Il ne s'agit pas de créer des cours supplémentaires, mais d'encourager les enseignants à travailler ces compétences dans le cadre des matières qu'ils enseignent déjà.

En effet, en tant qu'enseignants, il peut exister une tension entre la volonté de respecter les prescrits, parfois très riches en concepts théoriques à aborder, et celle de proposer des séquences d'apprentissage de type socioconstructiviste qui, certes, si elles sont plus complexes à mettre en œuvre et souvent chronophages, permettent de travailler des compétences réflexives et critiques qui sont actuellement incontournables à développer pour répondre aux défis de demain et former des citoyens responsables (ten Dam et Volman, 2004). À cet égard, il existe un nombre important de ressources ciblant le développement de la pensée critique des élèves (Attali et al., 2019 ; Pasquinelli et Farina, 2020 ; IRES, 2017 ; Zimmermann et al., 2017). Certaines de ces activités accessibles sur internet, peuvent être aisément mises en œuvre par des enseignants dans le cadre de leur cours. Toutefois, bien que très intéressantes d'un point de vue didactique, elles ne permettent pas nécessairement d'atteindre les différents objectifs du programme scolaire voire représentent parfois un frein au respect des matières à aborder. Reviol (2001) soutient également cette réflexion et relève les tensions qui existent entre le respect des exigences de l'institution et le développement de telles démarches. Au regard de ces éléments, l'intégration du développement de la pensée critique au sein même des programmes scolaires et en lien avec l'enseignement des disciplines semble une solution pertinente.

Par ailleurs, déjà dans les années 90, Delors (1999) présente la pensée critique comme nécessaire pour garantir une éducation civique indépendante prônant une pensée libre et autonome. Cette idée perdure depuis lors (Gagnon, 2012 ; European Commission, 2025). Dans le cadre de réflexions portées par l'UNESCO, Scott rappelle également que « la pensée critique est jugée fondamentale pour l'apprentissage au XXI^{e} siècle » (Scott, 2015, p.4). Dans le cadre des cours de sciences des premier et deuxième degrés de l'enseignement secondaire belge francophone, les élèves sont amenés à analyser des phénomènes complexes et à devoir construire des modèles explicatifs tout en distinguant les faits des opinions (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2013). Ces démarches nécessitent des capacités et attitudes propres à la pensée critique (Paul et al., 1989 ; Ennis, 2015). Récemment, en Belgique francophone, le référentiel de sciences du tronc commun (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2022) met précisément en exergue l'importance de faire acquérir cette compétence et demande explicitement l'intégration de cette visée au cœur des apprentissages soutenus en sciences.

Comment, en tant qu'enseignant, contribuer à atténuer cette tension et développer la pensée critique des élèves au travers de séquences socio-constructivistes qui peuvent être menées dans des temps raisonnables et répondant aux prescrits scolaires ?

1.2. … à chercheur

Le constat du vécu d'enseignant posé, en tant que chercheur, nous nous mettons en quête de vérifier si ces réflexions et représentations sont marginales ou communément présentes dans la population enseignante. Ce premier choix nous conduit à mener une première étude portant sur les représentations des enseignants sur la pensée critique en Belgique francophone. Fort de ces premiers résultats, nous prenons conscience de l'importance d'outiller les enseignants en leur proposant un dispositif intégré à leurs pratiques de didacticiens. Nous concevons alors un dispositif répondant à leurs préoccupations relevées lors de l'étude 1 et fondé sur des démarches pédagogiques et didactiques. Lors de l'étude 2, ce dispositif fait l'objet d'une recherche exploratoire afin d'en évaluer sa faisabilité. Au regard des résultats prometteurs de cette seconde étude, une troisième étude est menée. Cette dernière soutient l'objectif de déployer complètement le dispositif créé et ce durant une année scolaire, afin de répondre à des réflexions restées en suspens au terme de l'étude 2. Ainsi, la présente recherche doctorale se structure autour de trois études visant à comprendre la place de la pensée critique dans les pratiques enseignantes. Elle amène le développement d'un dispositif répondant aux réalités relevées et elle permet l'analyse de l'impact de ce dispositif sur le développement de la pensée critique chez les élèves.

Préalablement à la construction détaillée de notre recherche et à la présentation de ses apports éventuels pour l'enseignement en général, il parait intéressant de comprendre d'où vient le concept de pensée critique que l'on met au cœur de nos démarches dans la présente recherche. Babii et Neculau (2019), dont nous résumons les propos ci-après, nous proposent une approche historique de la place de la pensée critique dans les sciences de l'éducation. Déjà durant l'Antiquité, Platon et Aristote posent les bases de la pensée critique sans la nommer ainsi en se centrant sur la « logique formelle et informelle ». Platon, dans ses *Dialogues*, valorise la dialectique et introduit des principes logiques comme la non-contradiction. Il considère que la logique et la vertu doivent guider l'éducation du citoyen, et recommande l'apprentissage de la dialectique à partir de vingt ans. Aristote aborde la logique formelle de façon plus systématique. Il développe le syllogisme, méthode formalisant le raisonnement et permettant d'évaluer la validité d'arguments. Il prône une éducation morale fondée sur la vertu et défend une approche interdisciplinaire, intégrant philosophie, sciences, musique et gymnastique. Ces conceptions antiques mettent l'accent sur les capacités de raisonnement individuel et sur la recherche de ce qui est vrai. Au début du XX^{e} siècle, John Dewey développe la pensée critique comme sujet de recherche à part entière tel que l'on le connait aujourd'hui. Dans son ouvrage *How We Think*, il définit la pensée réflexive comme « un examen actif, persistant et attentif de toute croyance ou forme supposée de connaissance à la lumière des motifs qui la soutiennent et des conclusions ultérieures auxquelles elle tend » (traduction libre de Dewey cité dans Babii et Neculau, 2019, p. 783). Il élabore une méthode en six étapes allant de l'expérience à la vérification d'hypothèses, rapprochant ainsi la pensée critique de la méthode scientifique. Pour Dewey, l'imagination joue un rôle essentiel dans la réflexion, en tant que source de solutions innovantes, ce qui amorce un dialogue entre pensée critique et pensée créative. Trente ans plus tard, Goodwin Watson et Edward Glaser conçoivent le *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal*, un test destiné à mesurer les

capacités critiques. Ils reprennent les idées de Dewey, mais les affinent en trois dimensions : les connaissances des méthodes de logique et de raisonnement, les compétences nécessaires pour appliquer ces méthodes et l'attitude d'être ouvert à l'analyse, avoir un esprit critique. Dans les années 1970, un tournant s'opère aux États-Unis. Face à l'insatisfaction des étudiants concernant la logique formelle, jugée inapte à analyser les problèmes sociaux, Howard Kahane publie *Contemporary Logic and Argumentation* qui privilégie une approche informelle et contextualisée. Il introduit des exemples concrets tirés de la vie quotidienne pour enseigner les mécanismes de l'argumentation. Son influence contribue à ancrer la pensée critique dans des préoccupations pratiques, éloignées d'un certain formalisme plus abstrait. Dans les années qui suivent, Matthew Lipman initie le programme *Philosophy for Children*, qui vise à développer la pensée critique dès l'école primaire. Il conçoit des exercices adaptés aux enfants pour favoriser leur capacité à raisonner, questionner et dialoguer. Robert Ennis approfondit, quant à lui, la distinction entre compétences et dispositions critiques initiée par Watson et Glaser. Il identifie des attitudes essentielles telles que la recherche d'informations fiables, la considération respectueuse des opinions d'autrui et la conscience des limites de sa propre connaissance. En parallèle, il formalise une liste détaillée de compétences critiques : clarification, inférence, soutien d'arguments, stratégies de raisonnement, etc. En 1990, Peter Facione dirige un projet réunissant 46 experts afin de parvenir à une définition consensuelle de la pensée critique. Celle-ci est décrite comme un « jugement autorégulé et intentionnel » impliquant interprétation, analyse, évaluation, inférence et explication. Cette initiative structure la pensée critique en un ensemble de compétences et de sous-compétences enseignables, allant bien au-delà de l'évaluation logique des arguments. Enfin, dans les dernières décennies, la pensée critique s'enrichit de nouvelles dimensions. Elle inclut désormais l'analyse des biais cognitifs (comme le propose Kahneman (2012)), l'évaluation des sources d'information, la lutte contre les fausses nouvelles, l'usage éthique de la langue et la capacité de raisonnement moral, juridique ou esthétique. L'approche contemporaine intègre également la pensée créative, en soulignant leur complémentarité : la créativité génère des idées, la pensée critique les évalue. Ainsi, nous relevons que le concept de pensée critique n'a cessé d'évoluer. Sa présence dans l'enseignement anglophone est marquée depuis les années 70, mais ne se développe vraiment dans les curricula francophones que depuis une décennie.

Alors même qu'il s'agit d'un concept étudié depuis plusieurs décennies, nous soulevons la complexité de définir la pensée critique au regard de ces approches multiples. Nous nous rendons également compte de la complexité à opérationnaliser sa mise en œuvre dans l'enseignement ainsi qu'à l'évaluer de façon formelle. Cette pensée recouvre une telle quantité d'approches et de nuances non tranchées scientifiquement, que son évaluation même repose sur des choix réfléchis et nuancés, mais tout autant personnels. Ainsi, nous acceptons l'idée que la recherche menée dans cette thèse repose sur des choix. Tout l'objectif de ce travail est de présenter ces choix posés nous conduisant à mener le dispositif étudié. Loin de vouloir faire consensus ni même de changer les avis des lecteurs, il soutient un projet faisant partie d'un processus d'évolution et nous acceptons qu'il soit une approche parmi d'autres. Cela étant posé, il est bien évident que nous ne pouvons que vous encourager à tourner les pages suivantes pour découvrir le dispositif didactique qui y est détaillé et expérimenté, car

il nous parait en adéquation avec les problématiques sociétales et des réalités professionnelles des enseignants, fondé sur un cadre théorique pertinent et nourrissant les connaissances sur le développement de la pensée critique.

Cette évolution et cette complexité de la pensée critique étant posées, nous proposons de nous nourrir des regards d'Ennis et Facione pour répondre à la réflexion qui anime ce travail. Ancrée dans un champ de recherche scientifique pertinent et soutenant la volonté de contribuer à l'apport de connaissances nouvelles, cette recherche propose de se centrer sur la conception et la mise en œuvre d'une démarche d'apprentissage innovante qui intègre des activités en accord avec les prescrits, et qui favorise le développement de la pensée critique. De cette façon, nous souhaitons que l'approche temporelle ne soit plus un frein à la mise en œuvre de ce développement de la pensée critique des élèves. Au contraire, nous soutenons que l'approche développée peut être au cœur des séquences créées en sciences, mais également qu'elle peut rencontrer pleinement les prescrits du référentiel du tronc commun (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2022).

En raison de notre profession, de notre qualification et de notre travail de thèse, nous avons choisi de placer la didactique des sciences au centre de notre réflexion. Autrement dit, nous nous intéressons prioritairement à la manière dont les concepts scientifiques sont appris. Comme Astolfi l'exprime déjà en 1990, la didactique des sciences émerge d'autres disciplines telles que la philosophie et les sciences de l'éducation. Dès lors, elle reprend des données de celles-ci et elle apporte un regard autre centré sur l'enseignement des sciences. Il précise que cette conception de la didactique « entraine un certain « jeu » des frontières disciplinaires préexistantes et une réorganisation logique de leurs relations. » (Astolfi, 1990, p. 20) Sachant cela, nous proposons que le champ étudié, la didactique des sciences, nous permet légitimement de le nourrir de concepts et réflexions provenant d'autres domaines de recherche. En effet, l'apprentissage des concepts en sciences implique nécessairement de considérer la motivation des apprenants à l'égard de cette discipline (Libao et al., 2016). Cela ouvre un vaste champ d'investigation portant sur les ressorts de la motivation en sciences, ainsi que sur les modalités d'attribution de sens aux apprentissages (De Kesel et Plumat, 2015). Par ailleurs, l'attention portée aux élèves en difficulté, notamment à travers l'analyse de leurs représentations et de leur évolution (Dehon et Derobertmasure, 2016), constitue un axe de réflexion fondamental. Ainsi, l'ancrage didactique semble offrir un point d'entrée particulièrement fécond pour aborder le développement des élèves et ce, à partir de l'enseignement et les apprentissages des concepts scientifiques. Nous reconnaissons également que certains concepts développés durant des cours de sciences se prêtent particulièrement bien à une approche fondée sur la démarche d'investigation, ancrée dans une perspective socioconstructiviste. Inversement, nous admettons que certaines séquences didactiques requièrent des modalités d'enseignement plus explicites, voire des phases de répétition systématique (drill) plus proches du cognitivisme. En nous plaçant résolument du côté de la didactique, nous nous octroyons la possibilité de mobiliser librement des outils, démarches et stratégies issus de cadres théoriques variés. Nous croyons que cette pluralité constitue une richesse pour soutenir le développement de la didactique des sciences (Potvin et al., 2007). Nous ne pensons pas qu'il faille opposer les approches, ni qu'il soit nécessaire

de s'enfermer dans un seul paradigme. Il nous apparaît cohérent de considérer que plusieurs éléments peuvent coexister et se renforcer mutuellement. Au-delà de ces éléments, la didactique des sciences repose sur la démarche d'investigation (cf. 3.1.2. Investigation), et le socioconstructivisme en constitue l'un des fondements (Bächtold, 2012).

Cette recherche n'a donc pas pour objectif de concevoir un « outil » supplémentaire à exploiter pour développer la pensée critique des élèves, mais de réfléchir à une démarche innovante qui formalise le développement de la pensée critique au travers de l'utilisation « d'outils » existants. Souvent, les enseignants favorisent le développement de la pensée critique des élèves au travers d'activités informelles et non prévues, mais construites davantage comme une réaction à une information d'actualité (comme l'analyse d'une question socialement vive (Chauvigné et Fabre, 2021)). Il nous a dès lors paru opportun de cibler des démarches didactique et pédagogique qui favorisent le développement de capacités sous-jacentes à la pensée critique. En didactique des sciences, c'est la démarche d'investigation et le cadre socioconstructiviste qui ont retenu notre attention du fait des compétences qui y sont exercées ; d'un point de vue pédagogique, ce sont les pauses métacognitives sur lesquelles nous nous focalisons ; d'un point de vue cognitiviste, le contrôle inhibiteur est ciblé ; ces deux derniers éléments mettent l'accent sur l'importance de prendre le temps de prendre conscience de ses représentations premières pour construire une meilleure réponse et de prendre le temps de se mettre en alerte afin de ne pas tomber dans le piège d'un raisonnement simpliste et trop rapide. L'imbrication de ces concepts pour soutenir le dispositif créé est détaillée dans le cadre théorique de ce travail. Néanmoins, à la lecture de ces premiers éléments, il est possible de se rendre compte que, bien que la démarche soit ancrée en didactique des sciences, elle est enrichie des apports des sciences de l'éducation avec son regard sur la métacognition, mais elle est également enrichie des apports des sciences cognitives avec l'intérêt porté au contrôle inhibiteur. André Robert (Robert et Guyon, 2018) explique que le chercheur en sciences de l'éducation doit être un « polyglotte scientifique », capable de parler différents langages empruntés à la psychologie, à la sociologie ou encore aux sciences exactes. Soulignant qu'il s'agit d'un idéal compliqué à atteindre, nous prenons la mesure de son propos et nous le mettons en regard de ce travail. En effet, cette démarche de recherche doctorale est à la frontière de plusieurs champs disciplinaires et est nourrie indubitablement par les uns et les autres.

Au-delà du dispositif créé, en le mettant en œuvre au sein d'une recherche, nous souhaitons l'expérimenter et en mesurer l'effet, le critiquer, le faire évoluer, voir l'abandonner. Notre démarche cherche à proposer un dispositif didactique pertinent et fondé sur des résultats empiriques (Chkair et Wagnon, 2023). En réalisant cette démarche, nous contribuons à améliorer les connaissances relatives à l'enseignement des sciences et en particulier le développement de la pensée critique.

1.3. Approche de la recherche doctorale

Cette thèse présente tout d'abord la problématique nourrissant la recherche. La problématique aborde la justification sociétale et scientifique de ce travail. Ces deux éléments permettent de justifier ce travail de façon pertinente et de comprendre comment il s'intègre dans un champ de recherches vivant.

Le cadre théorique de la recherche est ensuite présenté. Nous y détaillons le concept de pensée critique et nous le mettons en regard des éléments que l'on choisit pour le développer : la didactique des sciences et son cadre socioconstructiviste, la métacognition et le contrôle inhibiteur. Ces différents concepts sont alors présentés de façon à établir le modèle qui sous-tend notre dispositif didactique.

La méthodologie globale de la recherche présente ensuite les différents outils didactiques, pédagogiques et statistiques mobilisés dans les différentes études réalisées. Elle présente également l'enchainement temporel de ces études.

Le chapitre suivant présente l'ensemble de l'approche empirique du travail. Les trois études réalisées y sont détaillées ainsi que les résultats obtenus et une première discussion de ceux-ci. Grâce aux choix méthodologiques posés et aux données obtenues, nous mesurons l'effet du dispositif sur le développement de la pensée critique et nous cherchons à comprendre comment les élèves se le sont approprié.

Enfin, les deux derniers chapitres sont consacrés à la discussion générale et à la conclusion de cette thèse. Ces chapitres sont l'occasion de synthétiser les résultats saillants et de les discuter, afin d'apporter une meilleure compréhension du développement de la pensée critique dans l'enseignement secondaire. Ils sont également l'occasion d'envisager les prolongements de ce travail en termes de communication et valorisation des résultats, mais également en termes de poursuite de recherche.

Chapitre 2

Problématique

Justification sociétale et état de l'art

Le développement de la pensée critique constitue un enjeu majeur dans la société actuelle. Il favorise un enseignement démocratique, où les débats argumentés sur des enjeux sociaux et environnementaux permettent aux élèves d'exercer leur jugement. Pour que cette compétence se construise réellement, le rôle de l'enseignant est central. Sa formation, sa posture et ses choix pédagogiques sont déterminants pour instaurer un cadre propice à l'émergence de la pensée critique. L'enseignement explicite de cette compétence, lorsqu'il est intégré aux disciplines scolaires, apparaît comme la méthode la plus efficace. Il doit s'ancrer dans des situations contextualisées et signifiantes. La métacognition est également identifiée comme un levier essentiel : réfléchir à ses propres processus de pensée permet à l'élève de mieux raisonner et d'évaluer l'information. Cela rejoint les modèles des systèmes de pensée (système 1 et système 2), soulignant l'importance d'inhiber les réponses intuitives au profit de raisonnements plus réfléchis. Au secondaire, peu de dispositifs structurés visent cet apprentissage, bien que les recherches en didactique des sciences montrent des résultats encourageants. Confronter les élèves à un conflit sociocognitif, favoriser l'inhibition et verbaliser les démarches métacognitives contribuent à renforcer la pensée critique. L'enseignant joue ici encore un rôle essentiel, notamment à travers le questionnement guidé et le soutien au dialogue réflexif. Le dialogue philosophique, en particulier, favorise l'activation et l'appropriation d'habiletés critiques. Enfin, l'évaluation de la pensée critique doit faire l'objet d'une attention particulière. Le choix des instruments de mesure conditionne la validité des résultats, et donc la capacité à juger de l'efficacité des dispositifs mis en place.

2. Problématique

Justification sociétale et état de l'art

Après avoir décrit ce qui nous anime à chercher « comment développer la pensée critique des élèves », attardons-nous sur la pertinence de cette recherche. Qu'est-ce qui justifie que notre question de recherche est fondée tant d'un point de vue sociétal que scientifique ? Commençons par la justification sociétale de notre problématique. Celle-ci se structure autour de quatre approches :

- La pensée critique et les médias
- La place de la pensée critique dans les textes internationaux
- La pensée critique dans l'éducation
- La pensée critique dans les curricula scolaires

En nous focalisant sur ces éléments, nous souhaitons mettre en lumière en quoi notre question de recherche peut répondre à des besoins de la société en général.

Ensuite, nous présentons l'état de l'art relatif au développement de la pensée critique. Cette deuxième approche permet de mettre en évidence les études scientifiques consacrées au développement de la pensée critique déjà réalisées et les questionnements résiduels auxquels notre réflexion peut contribuer à apporter des réponses.

2.1. Justification sociétale

Lors de discussions avec des collègues enseignants, j'ai entendu à de nombreuses reprises que les élèves pouvaient faire preuve d'une grande crédulité et qu'ils remettaient peu en question les informations reçues. Internet est la principale source d'informations pour les élèves ; certains me rapportent une information en la tenant pour véridique alors qu'elle s'avère en réalité fausse, tandis que d'autres m'ont partagé une information en me demandant de la vérifier, de la commenter pour leur garantir de ne pas se laisser piéger. Ils peuvent donc porter sur l'information un regard critique, ce qui est encourageant. Le simple fait de se questionner et de prendre le temps de se renseigner révèle déjà les prémisses d'une pensée critique. Dès lors, comment encourager les élèves à adopter une telle démarche et comment la renforcer en classe ?

Pour contextualiser cette réflexion, demandons-nous ce qu'il en est dans les médias, les textes internationaux, et quel rôle peut jouer le système éducatif dans cette démarche.

2.1.1. La pensée critique au travers des médias

Les médias semblent mettre en avant la nécessité de développer une pensée critique chez les citoyens. À titre d'exemple, Luc de Brabandere et Anne Mikolajczak (de Brabandere et Mikolajczak, 2024) ont publié une série de sept articles dans le journal La Libre durant l'été 2024 intitulée « Le jeu de la pensée » portant spécifiquement sur la pensée critique. Plus récemment encore, le sociologue Gérald Bronner lançait une initiative visant la création, en 2025, d'un séminaire ouvert à tous portant sur l'esprit critique (Bronner, 2024) et soutenant l'objectif de « donner les outils pour que chacun puisse faire sa déclaration d'indépendance mentale » (Bronner, 2024, 4min53s). Pour ces académiques, développer la pensée critique permet de répondre aux réalités de la société, en particulier la nécessité de traquer les informations fallacieuses (comme les *deepfakes*) qui circulent sur les réseaux sociaux (Domenjoz, 2018 ; Pereira, 2019), de questionner les faits scientifiques, d'analyser l'influence de politiques étrangères, de décoder les discours simplistes ou encore de prendre conscience des biais cognitifs véhiculés de façon à les éviter.

Parallèlement, l'intelligence artificielle (IA), dont le développement n'est plus à démontrer, constitue une ressource de choix dans le quotidien de tout un chacun pour l'obtention de réponses instantanées. Des chercheurs se sont penchés sur son influence sur nos choix et notre façon de raisonner. Krügel et al. (2023), à partir du problème moral du trolley (est-ce moral de sacrifier une vie pour en sauver cinq ?), ont répertorié des réponses formulées par ChatGPT et les ont soumises à un échantillon de 1800 personnes. Ils relèvent que ChatGPT formule des réponses incohérentes et peut donner des conseils opposés, mais ils observent également que les participants sont influencés par les réponses de ChatGPT de façon inconsciente (alors qu'ils ne pensaient pas avoir été influencés). Ces auteurs concluent qu'il convient de former des utilisateurs critiques pour faire davantage preuve d'autonomie face aux réponses de l'IA. De plus, Gerlich (2025) relève que l'utilisation de l'IA semble réduire l'effort cognitif et donc la sollicitation de démarches complexes telle que l'analyse. En utilisant un questionnaire basé sur l'*Halpern Critical Thinking Assessment* pour mesurer la pensée critique, il observe également que les utilisateurs passifs voient leur pensée critique diminuer et que les utilisateurs expérimentés la voient augmenter. Enfin, Lee et al. (2025), tout comme Gerlich, mettent en exergue que la mise en œuvre d'une pensée critique plus ou moins grande face à l'IA est fonction de la confiance en soi des personnes. Les personnes ayant une confiance en elles plus élevée font davantage preuve de pensée critique à l'égard des réponses produites par l'IA que les personnes ayant une faible confiance en elles. Ces auteurs concluent qu'il est nécessaire d'éduquer les citoyens à l'utilisation de l'IA et que cela ne peut se faire sans le développement de la pensée critique.

2.1.2. La pensée critique dans les textes internationaux

Au-delà de la justification médiatique du développement d'une pensée critique chez les citoyens, plusieurs textes internationaux prônent son développement depuis de nombreuses années.

Déjà en 1999, dans un rapport à l'UNESCO de la Commission internationale sur l'éducation pour le vingt et unième siècle, Delors (1999) précise que le développement de la pensée critique des élèves est un rôle que doit endosser l'école, que ce soit pour développer une éducation civique et une pensée libre ou encore pour apprendre à gérer la quantité d'informations à laquelle nous faisons face et qu'il est nécessaire de trier et d'évaluer. Il précise ceci : « Il ne s'agit plus seulement pour eux [les enseignants] d'apprendre aux élèves à apprendre, mais aussi de leur apprendre à chercher et à relier entre elles les informations, tout en faisant preuve d'esprit critique. » (Delors, 1999, p. 182). Voilà déjà plus de 25 ans que l'UNESCO pose ce constat et, bien que les propos usités soient encore pleinement d'actualité, la réalité de 2025 est différente de celle de 1999. Les technologies de l'information et de la communication ont radicalement changé notre rapport à l'information. De nos jours, les élèves sont nés et grandissent avec ces nouvelles technologies. Sartenaer soutient que « la jeune génération […] est mieux armée, elle est plus préparée, elle a plus été […] alertée sur les dangers, qui sont mieux documentés, des différents réseaux sociaux » (Baele, 2023, 13'02''). Il insiste également sur l'importance du rôle qu'occupe l'école pour informer et former les élèves à ce propos. Delors (1999) soutenait déjà qu'il est nécessaire pour les enseignants d'intégrer les différentes technologies dans leurs enseignements pour que celles-ci deviennent de véritables outils pour les élèves. Il précise néanmoins que pour ce faire, il est nécessaire que les enseignants eux-mêmes portent un regard critique sur leurs pratiques, qu'ils se remettent en question. La place de la pensée critique dans la pratique professionnelle des enseignants et leurs représentations sur le sujet seront analysées dans cette recherche.

En 2020, l'OCDE (Vincent-Lancrin et al., 2020) publie un ouvrage présentant les résultats d'un projet visant le développement de la pensée critique (et de la créativité) des élèves. De la présentation des concepts, aux attitudes de l'enseignant pour favoriser la pensée critique, en passant par les pédagogies à mettre en œuvre et leur mise en œuvre au quotidien, cet ouvrage se veut un guide à destination des enseignants. Les auteurs estiment ces compétences essentielles à développer afin de soutenir un objectif d'innovation dans nos sociétés, mais également de soutenir le bien-être de tous en favorisant la démocratie. Pour atteindre ces objectifs, les auteurs soulignent que les enseignants doivent disposer de ressources et d'orientations pour faire évoluer leurs pratiques.

Selon un rapport de 2023 de *We are social* (2023), en Belgique, les utilisateurs d'internet (entre 16 ans et 64 ans) y passent en moyenne quotidiennement 5h27. Toujours selon ce même rapport, ces utilisateurs passent 28,7% de ce temps sur les réseaux sociaux, soit plus d'une heure trente quotidiennement. Il est également relevé que « le nombre d'utilisateurs de médias sociaux en Belgique au début de 2023 équivalait à 80,9 % de la population totale. » (We are social, 2023)

> Dans un système médiatique où la commodité première est celle de l'attention des internautes […] les réseaux sociaux ont pu faire des bénéfices importants grâce aux « fake news » (Pouly, 2017). Les contenus sponsorisés engendrent d'importants flux financiers grâce à une économie dite « du clic » (Sénécat, 2017 ; Gabielkov et al., 2016). Qu'il s'agisse d'articles parodiques, d'images modifiées ou de liens aux

> titres racoleurs, ces contenus fallacieux ciblent la crédulité des internautes et s'appuient sur la propension des réseaux sociaux à encourager le buzz et la viralité (Jeanneret, 2014). (Allard-Huver, 2019, La faute aux réseaux sociaux ?)

Dans ce contexte, il est possible de prendre conscience de la nécessité de développer une pensée critique pour faire face aux fake news, comme le rappellent Domenjoz (2018) ou encore Pereira (2019). Les jeunes ont accès à une quantité infinie d'informations pour apprendre, informations qu'il est nécessaire de traiter. Là encore, l'école peut jouer un rôle clé pour aider les élèves. Rappelant que, théoriquement, les adolescents ont légalement le droit de s'inscrire sur des réseaux sociaux à l'âge de treize ans, il serait difficilement concevable d'imaginer les laisser se débrouiller seuls pour critiquer les informations qu'ils reçoivent. Il existe d'excellents outils (par exemple, la plateforme de *fact checking Faky* https://faky.be/fr) d'analyse spécifique d'une information dénichée sur internet, mais l'école, au travers des cours, peut permettre aux élèves de développer des habiletés plus générales pour faire preuve de pensée critique. « Il convient que la pensée critique dépasse le simple développement cognitif pour s'intégrer au processus global du développement de la personne. » (Daniel et al., 2005, p. 15)

Au niveau de la Commission européenne, le développement de la pensée critique est également un sujet important et actuel. En mars 2025, la Commission européenne (European commission, 2025), via sa plateforme *European School Education* a partagé un article sur ce sujet. Les auteurs y décrivent l'importance du développement de la pensée critique chez les jeunes comme un élément essentiel des démocraties modernes. Ils y présentent la pensée critique comme un filtre nécessaire pour faire face aux flux d'informations grandissants. En plus de cela, les auteurs expliquent que l'éducation et les enseignants ont leur rôle à jouer pour favoriser cela en déployant des méthodes centrées sur le développement de la pensée analytique, réflexive et indépendante.

2.1.3. La pensée critique dans l'éducation

Comme cela vient d'être exprimé, le développement de la pensée critique en milieu scolaire est recommandé par des organisations internationales depuis de nombreuses années. Dans son livre, Edgar Morin (1999) propose sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur (cet ouvrage ayant été publié en 1999, il parle en réalité de l'éducation d'aujourd'hui). Que ce soit la prise en compte de l'erreur, la nécessité d'une connaissance pertinente, la réalité des incertitudes ou encore l'importance de la compréhension, la pensée critique fait partie de son propos et est nécessairement nourrie par ces sept savoirs. En 2015, Scott présente une synthèse des types d'apprentissage à favoriser au XXI^{e} siècle. Parmi les sept compétences nécessaires à développer dans l'éducation, nous retrouvons la métacognition, mais également la pensée critique. Cette dernière repose sur l'analyse et la synthèse de l'information, mais également l'interprétation et l'évaluation de faits. Elle est évoquée comme essentielle dans la vie professionnelle et citoyenne, mais Scott relève que son développement n'est pas encore optimal chez les élèves et étudiants, notamment face à la consommation d'informations et de ressources numériques.

De nombreux organismes mettent à disposition des enseignants des ressources variées pour nourrir le développement d'une pensée critique chez les élèves. Nous pouvons par exemple citer Média Animation (https://media-animation.be) qui propose des ressources spécifiquement construites autour de l'éducation aux médias. Dans le contexte particulier du cours de sciences, nous épinglons deux ressources pour leur richesse : les outils créés par le réseau CANOPE (https://www.reseau-canope.fr/developper-lesprit-critique.html , https://www.reseau-canope.fr/notice/esprit-critique.html) et les ressources éditées par La Main à la Pâte (https://fondation-lamap.org/projet/esprit-scientifique-esprit-critique-cycle-3). Ces ressources exploitent les compétences à développer dans le cadre des cours de sciences. En effet, durant ces cours, les élèves sont amenés à analyser des phénomènes observés, à construire des modèles explicatifs, et à distinguer les faits des opinions. Ces démarches sont sous-jacentes à une pensée critique.

En éducation, l'influence de l'usage de l'IA commence également à être étudiée. Lepage et Roy (2023) ont réalisé une recension d'écrits portant sur le rôle de l'enseignant en lien avec l'utilisation de l'intelligence artificielle. Ils soulignent que bon nombre d'usages de l'IA visent l'automatisation (par exemple : fournir de l'information, modéliser un travail réalisé ou encore aider à prendre des décisions) et remplacent l'enseignant dans des rôles qu'il occupait jusqu'alors. Dans ce contexte, le rôle de l'enseignant évolue et celui-ci peut davantage se focaliser sur la gestion des relations sociales. Bibauw (2024) relève que dans l'enseignement des langues étrangères (mais cela reste valable pour d'autres disciplines), l'IA est un outil pour apprendre (comme l'aide à la production de textes), mais qu'il convient d'abord d'apprendre à maitriser. Pour l'enseignant, Bibauw donne l'exemple que l'IA peut être utilisée comme une aide à l'évaluation. Comme les autres auteurs, il conclut qu'il convient de former élèves et enseignants à l'usage réflexif de l'IA.

Que ce soit pour utiliser l'IA de façon réfléchie ou lutter contre des raisonnements trompeurs sur internet, la nécessité de développer une pensée critique dans l'éducation est bien présente. Comme nous venons de le relever, différentes méthodes et ressources à mettre en œuvre en classe existent, mais ne sont pas nécessairement en plein accord avec le programme scolaire. Cela semble rester un vœu pieux de vouloir développer une pensée critique. Cette dernière est mentionnée dans les programmes, mais les méthodes pour favoriser son développement n'y sont pas intégrées. Ainsi l'enseignant est en tension entre le souhait de mettre en place des démarches et activités spécifiques pour atteindre cet objectif supérieur de développement de la pensée critique et le respect strict des savoirs, savoir-faire et compétences à développer selon le programme scolaire.

2.1.4. La pensée critique dans les curricula scolaires

> Comment demander aux enseignants de faire exister des situations d'apprentissage coopératives ou développant l'esprit critique, de rendre possible des procédures d'auto-évaluation, si ces mêmes idées ne prévalent pas au niveau de la formation, de

> l'accompagnement de la réforme par les corps intermédiaires et des prises de décision au Ministère ? (Cros et al., 2010, p. 86)

Djumanova (2021) justifie l'importance d'intégrer le développement de la pensée critique dans les curricula scolaires pour répondre aux besoins de la société en termes de compétence, mais rappelle également que la mise en œuvre d'une pensée critique n'est pas innée et qu'il s'agit donc de l'entrainer afin de favoriser son automatisme.

La place du développement de la pensée critique dans les prescrits scolaires contextualise également notre recherche. Le développement de la pensée critique via le courant du *Critical Thinking* est pleinement implanté dans les prescrits scolaires anglophones depuis de nombreuses décennies (Cospérec, 2018). En France (Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2024), nous retrouvons le développement d'un « esprit critique » dès le CM1 dans le cours d'enseignement moral et civique, mais également dans le cours de sciences et technologie. Dans ce dernier, les démarches du cours permettent le développement d'un esprit critique parmi d'autres « macro-compétences ». Plus tard dans le cycle scolaire, le cours de français et le cours d'enseignement moral et civique doivent permettre également son développement. Dans le programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) pour l'enseignement secondaire, il est intéressant de remarquer que l'ensemble de l'enseignement à dispenser concourt au développement d'une pensée critique ; cette notion se retrouve à de nombreux endroits du programme du cycle 1 (Ministère de l'éducation, 2006). Plus spécifiquement, nous y retrouvons le développement du « jugement critique » comme compétence transversale. Dans cette optique, nous retrouvons le développement du jugement critique dans les cours de langues (français ou anglais) ou encore de mathématiques, sciences et technologies. En Suisse romande, au degré secondaire I (de 12 à 15 ans), par son plan d'études, l'école entraine les élèves à mener une démarche critique (Conférence intercantonale de l'instruction publique et de la culture de la Suisse romande et du Tessin, 2024). Plus précisément, le plan d'études détaille des capacités transversales. Parmi ces capacités se retrouve le développement d'une démarche réflexive, cette démarche contribuant elle-même au développement d'un sens critique. Enfin, en Belgique francophone, le décret « Missions » (Communauté française, 1997) cadrant l'enseignement en Fédération Wallonie-Bruxelles n'aborde pas le développement de la pensée critique des élèves. Dans les Socles de Compétences (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2013), le document reprenant tous les savoirs, savoir-faire et compétences à développer jusqu'à 14 ans, le développement de la pensée critique et de capacités sous-jacentes se retrouve dans les cours de mathématiques, d'éducation artistique, d'histoire et de géographie. Néanmoins, il ne s'agit que d'une mission globale de l'école, mais non d'une compétence détaillée à développer. Il faut attendre la révision majeure du décret Missions et la promulgation du Code de l'enseignement fondamental et de l'enseignement secondaire (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2019) pour voir apparaitre explicitement que « les équipes éducatives veillent à ce que l'école […] développe l'esprit critique » (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2019, p. 11-12). Ce document insiste sur la nécessité de développer une pensée critique chez les élèves mais également chez les enseignants. À la suite de ce document posant les bases légales du déploiement du nouveau tronc commun de l'enseignement obligatoire, il est cohérent que l'on retrouve le

développement de la pensée critique comme une compétence transversale dans les référentiels de ce tronc commun. Dès lors, en fonction des pays, on constate que la place de la pensée critique dans les programmes scolaires est variable. Bien intégrée depuis plusieurs années ou récemment implémentée, on se rend compte qu'elle est présente dans les prescrits scolaires et qu'il n'est dès lors pas question de la nier.

2.2. État de l'art

Le développement de la pensée critique fait l'objet de nombreuses recherches dans différents domaines : en éducation (Gilbert-Trudel, 2024), en philosophie (Kerhom, 2016) ou encore en sciences du travail (Tahiri et Qachar, 2024). Cette recherche étant réalisée en sciences de l'éducation, nous choisissons de réaliser un état de l'art des travaux portant sur le développement de la pensée critique centré sur cette discipline. De plus, cherchant à comprendre comment développer la pensée critique des élèves en contexte scolaire, nous analysons essentiellement des études portant sur son développement soit se focalisant sur les enseignants soit se focalisant sur les élèves. La recension des écrits a été réalisée en se fondant sur ces idées clés.

2.2.1. Le développement de la pensée critique des enseignants

Stapleton (2011) porte son attention spécifiquement sur des enseignants de Hong Kong (N=72) auxquels il a soumis un questionnaire et avec lesquels il a réalisé des entretiens semi-directifs (pour cinq d'entre eux). Il constate que les enseignants ont une mauvaise perception de ce qu'est la pensée critique et qu'il conviendrait de mieux les former. Il relève également qu'il y a une volonté des enseignants à intégrer le développement de la pensée critique dans leurs cours.

Quelques années plus tard, en Turquie, Demirhan et Köklükaya (2014) proposent un autre regard sur la pensée critique des enseignants. Ils insistent sur l'importance que les enseignants aient eux-mêmes une compétence de pensée critique élevée pour l'enseigner aux élèves. Dans leur étude quantitative réalisée avec 309 futurs enseignants de sciences, ils observent que leurs compétences et dispositions à faire preuve de pensée critique dépendent de leur niveau d'étude. Ils relèvent que même les futurs enseignants de niveau universitaire ne développent pas suffisamment cette compétence complexe. Ils remarquent que les enseignants en sciences n'ont pas un meilleur niveau que d'autres.

Fort de cette idée que les enseignants doivent eux-mêmes faire preuve de pensée critique pour la développer avec leurs élèves, van der Zanden et al. (2020) explorent les perceptions et les pratiques d'enseignants du secondaire concernant le développement de compétences critiques chez les élèves pour les préparer à un parcours universitaire. Grâce à des entretiens semi-directifs, les auteurs relèvent des différences importantes entre les compétences jugées essentielles à une pensée critique. Il semble que les enseignants s'accordent néanmoins sur l'importance de la compétence d'analyse et la compétence d'évaluation. Les pratiques pédagogiques décrites sont variées : elles vont d'un travail d'analyse en autonomie jusqu'à

la résolution de problèmes complexes et contextualisés en passant par la discussion de groupe. Les enseignants semblent favorables à ces démarches où l'élève développe ses propres connaissances par opposition à une approche plus traditionnelle dans laquelle l'enseignant amène un savoir aux élèves. L' étude portant sur les enseignants du secondaire supérieur, les auteurs relèvent que ces derniers décrivent des pratiques pour développer une pensée critique en adéquation avec leur vision du développement de telles compétences pour aborder un parcours universitaire.

En se focalisant sur un autre public qu'est celui des enseignants du primaire, Suratmi et Sorandi (2022), dans une étude quantitative réalisée auprès de plus de 300 enseignants en Indonésie, révèlent que ces derniers ont de bonnes connaissances et compétences liées à la pensée critique. En accord avec Demirhan et Köklükaya (2014), Suratmi et Sorandi soulignent qu'il s'agit de l'élément nécessaire pour développer la pensée critique des élèves ; les enseignants doivent avoir eux-mêmes des connaissances, des compétences et des attitudes liées à la pensée critique. Néanmoins, ils relèvent qu'il existe un fossé entre leurs connaissances, compétences et attitudes et leur capacité à les mettre en œuvre et à les développer avec les élèves.

Au regard de ces recherches, nous relevons l'importance de l'attention à porter sur le développement de la pensée critique chez les enseignants afin qu'ils puissent favoriser le développement de celle-ci chez les élèves. Il reste cependant essentiel de proposer aux enseignants des moyens concrets pour intégrer la pensée critique dans leurs pratiques pédagogiques.

Dans leur étude de 2023 portant sur la validation d'un instrument de mesure de la pensée critique au niveau universitaire et sur la mesure de la pensée critique d'un échantillon d'étudiants en éducation physique en Espagne, Galindo-Dominguez et al. (2023) relèvent que l'âge des étudiants n'a pas d'effet significatif sur les résultats de pensée critique. Cette observation semble à nuancer. En effet, les auteurs n'ont pas constaté de différence significative en fonction de l'âge des étudiants issus d'une cohorte d'étudiants universitaires. En effet, à l'inverse, Daniel et al. (2005) (ou encore dans la méta-analyse de Lai (2011)), se focalisant sur un public plus jeune, mettent en lien l'âge de l'enfant avec un développement cognitif et un niveau de pensée critique différent. Là où des auteurs centrés sur les jeunes enfants mettent en avant une évolution de la pensée critique en fonction des capacités cognitives mobilisées, les auteurs se focalisant sur un public adulte n'observent plus cet effet. Galindo-Dominguez et al. (2023) observent par ailleurs que le genre semble influencer significativement leurs résultats. Ce résultat est en opposition avec les résultats de l'étude de Tümkaya et al. (2009) qui n'observaient pas cet effet dans leur contexte.

L'étude de De Checchi et al. (2023) explore les représentations de la pensée critique chez des étudiants en formation initiale en sciences de la vie et de la Terre, en lien avec les dispositions et capacités identifiées dans la littérature ainsi que les stratégies pédagogiques reconnues pour développer cette compétence. Via un questionnaire diffusé en ligne complété par 112 futurs enseignants, leur article met en lumière des représentations relativement cohérentes avec celles relevées dans des travaux antérieurs, comme l'ouverture d'esprit, la

remise en question, ou la vérification des sources. Les étudiants associent la pensée critique à la fois à des compétences et à des dispositions, rejoignant ainsi les distinctions établies dans la littérature scientifique (Ennis, 1996). Cependant, l'analyse des réponses montre des ambiguïtés dans la catégorisation des éléments évoqués soulignant une limite méthodologique liée à la difficulté à attribuer avec certitude une nature aux éléments évoqués à partir de verbatim souvent succincts. Concernant l'enseignement de la pensée critique, les enseignants en formation initiale évoquent les difficultés des élèves, parfois perçues comme des obstacles au développement même de cette compétence. Les auteurs relèvent que ce paradoxe, attendre que les élèves soient déjà critiques pour pouvoir développer leur esprit critique, traduit peut-être une méconnaissance des leviers pédagogiques nécessaires. Les activités mentionnées comme propices au développement de la pensée critique, telles que les démarches scientifiques, les exposés ou les débats, rejoignent en partie les recommandations de la littérature (Abrami et al., 2015). Toutefois, les futurs enseignants n'établissent pas toujours un lien explicite entre ces activités et les compétences ou dispositions qu'elles visent à développer. De plus, si les débats sont cités comme utiles au développement de la pensée critique, ils ne sont pas nécessairement en lien avec les enseignements scientifiques, ce qui révèle un décalage entre les représentations pédagogiques de la pensée critique et leur transposition dans un contexte disciplinaire. Enfin, si certains étudiants en formation initiale en sciences de la vie et de la Terre estiment que leur formation scientifique les prépare automatiquement à développer la pensée critique des élèves, d'autres peinent à articuler les finalités éducatives de la pensée critique avec les exigences didactiques de leur discipline. L'étude met ainsi en évidence des besoins en formation pour clarifier les liens entre les dispositions et compétences de la pensée critique, les activités pédagogiques qui les mobilisent, et les conditions nécessaires à leur mise en œuvre efficace, notamment dans le cadre des enseignements scientifiques.

La thèse de Barbier (2024) s'attache à interroger les différentes conceptions de la pensée critique ainsi que les modalités de son enseignement en milieu scolaire. À partir d'une importante revue de la littérature, Barbier propose d'élaborer une typologie des conceptions de la pensée critique et de proposer un modèle heuristique de son exercice. La méthodologie de cette recherche repose sur une enquête qualitative par entretiens semi-directifs avec 25 enseignants de secondaire, en particulier du collège, dispensant des cours de physique, chimie, sciences de la vie et de la Terre ou d'histoire-géographie (ainsi que des professeurs documentalistes). Les résultats présentés mettent en lumière les relations complexes entre les conceptions des enseignants, leurs usages des ressources pédagogiques, et l'influence marquante de quelques acteurs institutionnels sur la définition actuelle de l'éducation à la pensée critique. Ils soulignent que, dans le champ de la recherche comme dans le monde éducatif, la notion de pensée critique est fréquemment mobilisée de manière floue, reposant sur des implicites qui peuvent générer plus de confusion que de clarté. Dès lors, l'autrice souligne que si l'on souhaite promouvoir une éducation à la pensée critique cohérente et efficace, il devient indispensable de clarifier les significations données à cette notion, tout en situant les différentes approches existantes, en explicitant à la fois leurs apports et leurs limites.

La recherche exploratoire de Cananau et al. (2025) est une analyse de cas multiples. Les cas étudiés sont les documents sous-tendant la formation initiale des enseignants à l'université en contexte suédois. Ils relèvent que la pensée critique est abordée dans ces documents selon les approches suivantes : les conceptions de la pensée critique (logique, compétence d'argumentation et évaluation critique, crédibilité, métacognition et dispositions à la pensée critique), les conceptions d'une pédagogie critique (construction sociale, inclusion, action contre les discriminations, critique des normes et alphabétisation critique), les conceptions de ce qui est critique (criticité) (réflexion critique, autoréflexion, ouverture d'esprit, citoyenneté démocratique et responsabilité du monde au-delà de sa personne) et les conceptions centrales que sont la recherche de la vérité et la lutte contre la manipulation. Les auteurs constatent que ces conceptions de la pensée critique apparaissent globalement peu dans les différents documents et estiment dès lors qu'elles ne jouent pas un rôle central dans la définition de la profession enseignante en Suède. Les conceptions les plus présentes sont les plus ancrées et anciennes, à savoir la logique, l'argumentation et l'évaluation. Dans ce contexte, ils soulèvent que les documents de formation des enseignants manquent de richesse pour définir la complexité de la pensée critique et ses nuances. Vu la faible présence des conceptions de la pensée critique, ils concluent que cela reste à l'appréciation des formateurs de développer plus ou moins ces conceptions.

2.2.2. Le développement de la pensée critique des élèves

Dans l'enseignement supérieur, la pensée critique est considérée comme une compétence essentielle (Galindo-Dominguez et al., 2023). Nous émettons l'hypothèse que c'est pour cette raison qu'un grand nombre de recherches ciblent ce public spécifique.

Tümkaya et al. (2009) réalisent une étude en milieu universitaire en Turquie avec 353 volontaires venant de différentes facultés. Celle-ci porte sur la relation entre le niveau de disposition à la pensée critique évalué grâce à deux outils : le *California Critical Thinking Dispositions Inventory* et le *Problem Solving Inventory*. Les résultats de cette étude indiquent qu'une plus grande disposition à la pensée critique est associée à de meilleures compétences en matière de résolution de problèmes. Les auteurs relèvent qu'il n'y a pas de différences selon le genre (ce qui est en opposition avec ce que Galindo-Dominguez et al. observent en 2023) quant aux compétences mobilisées pour la résolution de problèmes.

Dans leur rapport portant sur l'entrainement de la pensée critique dans le contexte militaire américain, Fischer et al. (2009) établissent un modèle de démarche à mettre en œuvre pour développer une pensée critique. Leur étude s'appuie sur un échantillon de 26 étudiants dans l'enseignement supérieur suivant un programme en psychologie. Les étudiants devaient résoudre des problèmes proposés dans un document. Plusieurs échelles sont utilisées afin d'évaluer la complexité des problèmes, mais également l'effort demandé ou encore les émotions vécues. Les participants devaient également verbaliser à voix haute les questions qu'ils se posaient. Les résultats présentés par les auteurs suggèrent que le problème choisi a de l'importance sur l'activation ou non des compétences liées à la pensée critique. Ils observent que si le problème est complexe et confus, les étudiants mettent plus volontiers en

œuvre des compétences de pensée critique. À l'inverse, si la problématique présentée est « peu dense » en informations, les étudiants activent moins de compétences liées à la pensée critique. Le modèle de Fischer et al. (2009) est particulièrement intéressant, car il soutient que pour faire preuve de pensée critique, il convient d'activer des compétences relativement complexes et prenant du temps. Parmi ces compétences se trouve la métacognition. Ils rappellent que la théorie de Kahneman (2012) repose sur la conception de deux systèmes : le système 1 propose une réponse rapide, mais peu réfléchie et le système 2 conduit à une réponse plus lente, mais plus réfléchie. En se fondant sur cette théorie, leur modèle soutient que pour faire preuve de pensée critique et activer les compétences sous-jacentes, il convient nécessairement d'activer le système 2, car le temps de réponse est nécessairement plus long pour activer de telles compétences complexes, comme une démarche métacognitive ou des « méta-tâches ».

En lien avec cette approche de la métacognition nécessaire dans le développement de la pensée critique, Ku et Ho (2010b) réalisent une étude en milieu universitaire à Hong Kong en suivant 10 étudiants répartis en deux groupes en fonction de leur niveau de pensée critique (faible ou élevé). L'analyse porte sur l'utilisation de stratégies métacognitives lors de la résolution de six tâches plus ou moins complexes. Les étudiants réalisent ces tâches individuellement et ont pour consigne de verbaliser à haute voix leur raisonnement. Malgré la petite taille de leur échantillon, les auteurs relèvent que l'utilisation de stratégies métacognitives est un facteur important contribuant à la mise en œuvre d'une pensée critique efficace. Ils relèvent que la stratégie de planification et la stratégie d'évaluation sont particulièrement présentes chez les étudiants dont la pensée critique est élevée (évaluée dans une précédente étude de Ku et Ho (2010a)). La métacognition est donc un élément favorisant la pensée critique, mais les auteurs nuancent cela en précisant que seules les stratégies de haut niveau (croisant connaissances et régulation métacognitives) permettent d'améliorer les solutions avancées (la régulation sans les connaissances sous-jacentes semble moins efficace). Ils plaident pour un enseignement explicite des stratégies métacognitives pour favoriser les connaissances métacognitives et ainsi obtenir des effets plus importants. Le rôle de l'enseignant est essentiel dans cette démarche pour poser des mots clairs et faire prendre conscience des démarches menées.

Dans sa méta-analyse du développement de la pensée critique en contexte scolaire, Lai (2011) retient ceci : la pensée critique est depuis longtemps considérée par les éducateurs comme un objectif pédagogique souhaitable. Plus récemment, elle a été reconnue comme une compétence essentielle du XXI^{e} siècle, tant pour la poursuite d'études que pour l'insertion professionnelle, notamment par le *Partnership for 21st Century Skills* et les *Common Core State Standards*. Bien qu'il n'existe pas de définition unique largement acceptée par la communauté scientifique, certaines dimensions communes émergent à travers les diverses conceptualisations. La pensée critique est généralement comprise comme un ensemble de « compétences cognitives » (*cognitive skills*) incluant l'analyse d'arguments, l'élaboration d'inférences à l'aide de raisonnements inductifs ou déductifs, l'évaluation de jugements, la prise de décision et la résolution de problèmes. Si les connaissances de fond sont nécessaires pour exercer une pensée critique dans un domaine donné, elles ne sont pas suffisantes à elles

seules. La pensée critique repose à la fois sur des capacités cognitives et sur des dispositions mentales telles que l'ouverture d'esprit, la curiosité intellectuelle, la flexibilité cognitive, la recherche de rationalité, le désir d'être bien informé et le respect des points de vue divergents. Les recherches indiquent que la pensée critique possède à la fois une dimension générale et une dimension spécifique à un domaine. Cela implique deux conséquences pédagogiques majeures : premièrement, l'enseignement doit articuler des principes généraux de pensée critique à des mises en pratique contextualisées dans différentes disciplines ; deuxièmement, le transfert des compétences critiques vers de nouveaux contextes ne se produit pas spontanément. Il nécessite un enseignement explicite du transfert, par l'identification des structures profondes des problèmes, et une pratique variée dans des contextes divers. La pensée critique est étroitement liée à d'autres processus d'apprentissage comme la métacognition, la motivation, la collaboration et la créativité. La métacognition favorise une pensée critique de qualité, notamment en permettant aux apprenants d'évaluer leurs raisonnements. De plus, une pensée critique autonome constitue un élément clé de l'apprentissage autorégulé. La motivation, quant à elle, soutient l'engagement cognitif nécessaire aux tâches complexes, et ces tâches, lorsqu'elles sollicitent réellement la pensée critique, peuvent à leur tour accroître la motivation. La disposition à considérer différents points de vue peut également améliorer les compétences de collaboration, et les situations collaboratives bien conçues peuvent encourager la pensée de haut niveau. Enfin, la créativité et la pensée critique sont interdépendantes : la créativité exige l'évaluation critique des productions intellectuelles, tandis que la pensée critique suppose ouverture et souplesse d'esprit, qualités propres à la pensée créative. Lai ne relève pas de progression clairement établie des compétences en pensée critique, certains chercheurs relient leur développement aux processus de développement cognitif général et, plus particulièrement, à la métacognition. Les données empiriques suggèrent que les enfants peuvent manifester des formes de pensée critique bien plus précoces que ce que l'on croyait auparavant, même si de nombreux adultes continuent de présenter des raisonnements déficients. Théoriquement, toute personne, quels que soient son âge et son niveau intellectuel, peut être formée à penser de manière critique. Pour que les enseignants puissent effectivement développer ces compétences chez leurs élèves, il est nécessaire d'en proposer un enseignement explicite, que ce soit sous forme de cours dédié, intégré aux disciplines scolaires, ou les deux. Les approches collaboratives et constructivistes, qui placent l'élève au centre du processus d'apprentissage, se révèlent prometteuses. Il est recommandé que les enseignants modélisent eux-mêmes la pensée critique dans leur manière d'enseigner et qu'ils utilisent des exemples concrets pour illustrer des concepts abstraits. L'évaluation des compétences en pensée critique soulève des défis similaires à ceux observés dans d'autres contextes de mesure. Si les tests standardisés à choix multiples offrent une certaine fiabilité, ils sont souvent critiqués pour leur sous-représentation du construit. Les évaluations authentiques, fondées sur la performance, sont considérées comme plus fidèles au concept de pensée critique, mais posent des problèmes de fiabilité et de généralisation lorsqu'elles ne sont pas standardisées. Dans ce cas, elles ne devraient pas servir à comparer les élèves entre eux ni à suivre leur progression. En revanche, elles sont tout à fait adaptées pour des évaluations formatives en classe. Lai recommande l'usage de problèmes ouverts et mal structurés, issus de situations authentiques,

pour mobiliser véritablement les compétences critiques. Ces problèmes devraient exiger plus que la simple restitution d'informations : ils doivent impliquer une manipulation intellectuelle dans des contextes nouveaux, admettre plusieurs solutions défendables, et inclure des matériaux permettant de soutenir divers points de vue. Les documents stimuli devraient intégrer des contradictions ou des incohérences pour provoquer l'activation de la pensée critique. Enfin, les tâches d'évaluation devraient rendre le raisonnement de l'élève visible, en exigeant qu'il explicite les preuves, arguments ou justifications à l'appui de ses jugements et décisions. Lai souligne que l'analyse de la pensée critique en milieu scolaire reste encore insuffisante et manquant de validité.

Tiruneh et al. (2014) réalisent une revue systématique de la littérature s'intéressant au développement de la pensée critique dans l'enseignement supérieur. Ils recensent 88 articles publiés entre 1995 et 2012. Ils relèvent que l'enseignement explicite de la pensée critique semble être le plus bénéfique. Intégrer cet enseignement dans des disciplines spécifiques, plutôt que de le traiter dans des cours séparés dédiés à la pensée critique, apparaît comme une stratégie plus prometteuse pour former des penseurs critiques. Ils observent que l'intégration implicite des compétences de pensée critique dans l'enseignement disciplinaire permet une amélioration significative des performances dans des tâches proches du contexte d'apprentissage initial (mesures spécifiques au domaine). En revanche, les élèves éprouvent des difficultés à transférer ces compétences vers des contextes génériques, comme en témoignent les résultats obtenus aux évaluations de pensée critique générale. Globalement, leur synthèse des résultats indique que le type d'approche pédagogique adoptée ne suffit pas à lui seul à garantir l'efficacité de l'enseignement de la pensée critique. En ce qui concerne le rôle de l'enseignant, il ressort que les élèves développent davantage leurs compétences en pensée critique lorsque les interventions sont menées par des chercheurs eux-mêmes ou par des enseignants spécifiquement formés à cet effet. Par ailleurs, bien que les études analysées n'aient pas fourni de preuves solides établissant un lien entre les performances scolaires globales et les effets de l'enseignement de la pensée critique, une étude antérieure de McMillan (1987) suggère que la maitrise des contenus disciplinaires pourrait moduler l'impact de ces interventions. Tiruneh et collègues recommandent que les recherches futures sur l'efficacité des interventions pédagogiques en pensée critique examinent l'influence de caractéristiques propres aux élèves (comme le genre, le niveau scolaire, la discipline ou les résultats académiques) en relation avec l'intervention elle-même. Enfin, il convient de rappeler que le choix des instruments de mesure joue un rôle central dans l'évaluation de l'efficacité de l'enseignement de la pensée critique. Une attention particulière doit donc être portée à la manière dont ces compétences sont mesurées.

L'étude de Kumar et Fernandez (2017) porte sur l'analyse d'un cours de logique et son influence pour favoriser le développement de la pensée critique des étudiants. L'échantillon de 214 étudiants a réalisé le test de pensée critique de Watson-Glaser en pré- et post-test. Les auteurs relèvent que le cours ciblé ne permet pas une amélioration significative de la pensée critique des étudiants au regard des résultats obtenus au Watson-Glaser. Ils sont favorables à ce que le cours de logique formelle soit directement intégré aux autres cours du programme d'étude de façon à proposer un développement de cette logique en contexte spécifique.

Dans l'enseignement primaire et secondaire, nous relevons les études suivantes.

Daniel et al. (2005) se centrent sur le développement de la pensée critique en primaire (élèves de 10-12 ans) au niveau international, par l'approche de discussions philosophiques dans les classes (en particulier la philosophie pour enfants adaptée aux mathématiques). Après avoir filmé certains temps de débat dans les classes, ils en analysent les verbatim. Ils relèvent que les échanges qui naissent de ces temps de discussion sont de cinq types (anecdotique, monologique, dialogique non critique, dialogique quasi critique et dialogique critique). Parallèlement à cette première analyse, ils observent l'évolution cognitive des élèves durant ces échanges. Finalement, ils réussissent à mettre en relation

> les modes cognitifs et les perspectives épistémologiques inhérents au processus d'apprentissage de la pensée critique (…). La pensée des élèves engagés dans la praxis philosophique est multimodale et dynamique. Multimodale, en ce qu'elle se manifeste à travers quatre modes (logique, créatif, responsable et métacognitif). Dynamique, en ce que chacun de ces modes peut se complexifier, en passant d'une pensée simple à une pensée complexe. (Daniel et al., 2005, p.17).

Fort de leurs résultats, Daniel et al. (2005) proposent comme méthode à mettre en œuvre pour développer la pensée critique des enfants la « philosophie pour enfant ». Cette méthode met l'élève au cœur du processus d'apprentissage. Elle consiste à « stimuler l'élève à appuyer ses énoncés sur de « bonnes raisons » afin de prévenir l'arbitraire et le relativisme négatif » (Daniel et al., 2005, p. 153). Cette démarche permet à l'élève de construire une pensée critique en lui fournissant des habitudes de réflexion à savoir la justification des choix, le raisonnement ou encore l'importance des éléments factuels.

Gagnon (2010) s'intéresse à la façon dont se construisent les pratiques critiques dans l'enseignement secondaire de façon transversale autour d'une question socialement vive et de ses enjeux éthiques. L'étude qualitative réalisée se focalise sur des élèves qui ont déjà suivi un parcours développant leur pensée critique (communauté de recherche philosophique) et vise l'analyse d'une activité en éthique s'inspirant de l'approche par «îlots interdisciplinaires de rationalité ». La collecte de données est réalisée par une observation participante et des entretiens semi-directifs. Gagnon mentionne que « les élèves ont manifesté des interventions justifiées, critériées, éthiques, contextuelles, évaluatives et métacognitives. » (Gagnon, 2010, p. 484) Ces caractéristiques correspondent à la mise en œuvre d'une pensée critique. Gagnon remarque également le rôle essentiel de l'enseignant pour poser des questions aux élèves afin que ceux-ci expliquent comment et pourquoi ils expriment tel élément. Ainsi, les élèves argumentent de façon critique leur choix. Gagnon conclut, relevant la limite du cas très particulier étudié et du parcours spécifique des élèves ayant déjà vécu une démarche favorisant le développement d'une pensée critique, qu'il ne convient pas de généraliser ses résultats.

En 2014, Gagnon, dans la continuité de ses recherches, synthétise l'émergence d'une pensée critique par le dialogue philosophique de la façon suivante. Il exprime que la mise en œuvre d'une pensée critique passe par l'activation d'habiletés spécifiques. L'appropriation de telles habiletés passe par un processus d'apprentissage important, auquel répond le

dialogue philosophique. Il rappelle le rôle essentiel de l'enseignant lors de ces dialogues pour favoriser l'appropriation des habiletés par les élèves. Les éléments qu'il présente dans cette étude sont en accord avec les propos de Daniel et collègues (2005).

Bien que l'étude de Willame et Snauwaert (2018) ne porte pas directement sur le développement de la pensée critique, elle s'inscrit en didactique des sciences et met au cœur de leurs réflexions le conflit cognitif, la métacognition et l'inhibition. Leur étude quantitative porte sur un échantillon de 150 élèves de 15 à 17 ans en Fédération Wallonie-Bruxelles (Belgique francophone). Ils relèvent que les élèves confrontés au conflit cognitif obtiennent des scores statistiquement plus élevés. Ils obtiennent encore de meilleurs résultats lorsqu'un entrainement de l'inhibition est réalisé. La verbalisation explicite de la démarche métacognitive dans leur contexte spécifique de la remédiation est également relevée comme bénéfique. Enfin, ils soulignent le rôle essentiel de l'enseignant favorisant la prise de conscience des différents concepts à mobiliser.

Kadrija et al. (2022) ont réalisé une enquête quantitative menée auprès de 517 élèves et 234 enseignants répartis dans 21 écoles primaires. Les élèves et enseignants étaient divisés en deux groupes : ceux provenant d'écoles utilisant des méthodes basées sur la pensée critique et ceux des écoles utilisant des approches traditionnelles. Les auteurs soulignent que les écoles qui adoptent une pédagogie fondée sur la pensée critique améliorent la qualité de l'enseignement en impliquant activement les élèves dans l'acquisition des savoirs. En les confrontant à des situations qui exigent réflexion et recherche de solutions, les élèves deviennent acteurs responsables de leur apprentissage. Cette approche favorise l'apprentissage tout au long de la vie en développant des habitudes de travail et des compétences créatives utiles à la vie sociale et professionnelle. Ils poursuivent en précisant que la pensée critique favorise un enseignement démocratique où les enseignants initient des débats argumentés sur des enjeux sociaux et environnementaux, encourageant le respect des opinions et la formation d'attitudes progressistes. Du côté des enseignants, les auteurs observent que ceux-ci ont également un rôle clé dans la mise en œuvre de cette pédagogie, en développant des compétences coopératives et constructives. Les élèves, motivés et impliqués, collaborent avec les enseignants dans des projets, la création de supports, l'évaluation et la régulation du comportement, ce qui crée un climat d'apprentissage stimulant et positif.

Dans leur article de 2023, Orange et Orange Ravachol interrogent les conditions didactiques qui permettraient d'articuler la pensée critique des élèves avec la construction des savoirs en sciences de la vie et de la Terre, en s'appuyant sur le cadre théorique de l'apprentissage par problématisation. Selon cette approche, pensée critique et savoirs ne peuvent être dissociés : les savoirs scientifiques se construisent en explorant et en délimitant le champ des possibles explicatifs, dans une dynamique critique. Ils sont donc par nature des savoirs critiques, issus d'un travail de confrontation entre explications possibles, de leur mise à l'épreuve, et d'un processus d'élimination ou de transformation par la discussion. Au travers d'une analyse de cas, les auteurs se penchent sur quatre situations d'enseignement menées en France, dans le primaire et le secondaire, et construites précisément pour amener les élèves à problématiser. Ces situations permettent de montrer que penser scientifiquement,

c'est d'abord poser des problèmes, proposer des solutions, les critiquer et les comparer. Ils s'appuient notamment sur la pensée de Popper (1991) pour qui la compréhension d'un problème passe par l'élaboration de solutions potentiellement inadéquates et leur critique, la rationalité scientifique résidant dans cette capacité de discussion critique. Ce lien étroit entre pensée critique et élaboration des savoirs implique que la pensée critique ne se réduit pas à une compétence isolée, applicable ponctuellement ou dans un seul domaine. Au contraire, certaines notions critiques, comme la distinction entre corrélation et causalité, peuvent être mobilisées dans divers champs scientifiques (épidémiologie, physique, histoire, économie…), illustrant ainsi la portée transversale de certaines capacités critiques. Ainsi, dans le cadre de l'apprentissage par problématisation, développer des savoirs scientifiques et développer la pensée critique sont deux dimensions indissociables du même processus éducatif. Cela suppose que les dispositifs didactiques favorisent l'exploration des incertitudes, la mise à l'épreuve des idées et la déstabilisation des évidences, afin de former des élèves capables de penser de manière critique à la fois dans et au-delà des cours de sciences de la vie et de la Terre.

De leur côté, Pallarès et al. (2023) explorent les conditions didactiques nécessaires pour enseigner l'esprit critique à travers l'argumentation sur des questions socio-scientifiques (QSS). Ils proposent une approche centrée sur les normes de l'argumentation critique, conçue comme une pratique sociale normée, en analysant une étude de cas : un débat numérique sur des OGM particuliers, mené avec des lycéens de 1ère S (correspondant à la 5e année secondaire en Belgique francophone). En s'appuyant sur les concepts de pratique de référence et de représentation, les auteurs étudient la manière dont les élèves mobilisent (ou non) les normes attendues de l'argumentation critique, telles que la « dialogalité » (pratique mettant « en jeu plusieurs interlocuteurs au sein d'un dialogue » (Pallarès et al., 2023, p.147)), la justesse et la robustesse. Les résultats montrent que les élèves s'engagent effectivement dans des formes variées d'argumentation, mais que leurs justifications diffèrent en nature et en qualité. Cette diversité traduit des représentations multiples de ce que signifie « argumenter », qui peuvent parfois entrer en contradiction avec les objectifs pédagogiques fixés. Les auteurs soulignent l'importance de rendre explicites les buts du débat et de confronter les représentations des élèves aux normes de référence. Un travail didactique spécifique sur les types de justifications, la qualité des sources ou la nature du questionnement permettrait d'orienter les élèves vers des pratiques d'argumentation plus conformes aux visées éducatives de l'enseignement de la pensée critique. L'étude souligne également que certaines normes, comme la prise en compte de l'incertitude ou la complexité des points de vue, sont partiellement mobilisées par les élèves, tandis que d'autres, comme l'ouverture à la critique ou la « dialogalité », apparaissent plus difficiles d'accès. Ces constats rejoignent ceux d'études antérieures et indiquent l'importance d'un travail explicite sur ces normes dans différents contextes, avec des supports et des QSS variés, pour favoriser leur appropriation et leur transfert. Les auteurs plaident ainsi pour une didactique de la pensée critique articulée autour des pratiques argumentatives sur des QSS, considérées comme un objet d'enseignement à part entière. Ils insistent toutefois sur les limites méthodologiques de leur travail, notamment l'impossibilité d'évaluer précisément la pertinence des arguments produits, faute d'indicateurs opérationnels, et sur la nécessité de mieux définir ce

qu'est une pratique de référence en matière d'argumentation critique. Enfin, ils rappellent qu'une argumentation robuste nécessite une maitrise suffisante des contenus scientifiques, ce qui implique de mieux articuler les approches transversales de l'argumentation avec l'étude des concepts scientifiques.

Dans leur étude de cas menée en Tunisie, Saad et Azzouna (2023) analysent le développement de la pensée critique chez des élèves à travers un débat portant sur une question scientifique à forte dimension éthique : la procréation médicalement assistée. Leur expérimentation repose sur le dispositif spécifique de la démarche des îlots interdisciplinaires de rationalité. Leur objectif est d'évaluer, en contexte réel de classe, comment l'introduction d'un discours éthique peut influencer les pratiques critiques des élèves, tant sur le plan cognitif que métacognitif. À l'aide d'une grille d'analyse originale, les auteurs comparent la fréquence des interventions critiques (épistémiques, métacognitives, autocritiques, autocorrectrices) dans les débats tenus avant et après l'introduction d'un discours éthique. Les résultats montrent une augmentation significative de ces pratiques critiques. Cette évolution suggère que l'approche éthique joue un rôle déclencheur en incitant les élèves à relativiser leurs positions, à exercer un regard critique sur leur propre raisonnement et à adopter une pensée plus réflexive. En parallèle, les auteurs notent une transformation des modes de pensée : la pensée logique tend à reculer au profit de la pensée métacognitive et surtout de la pensée responsable (habileté cognitive de catégorisation décrite par les auteurs), indiquant une prise en compte plus explicite des enjeux sociaux, éthiques et humains liés à la question traitée. Une analyse qualitative des énoncés produits durant le débat confirme par ailleurs une corrélation forte entre les interventions critiques et les énoncés à contenu éthique, renforçant l'idée que le discours éthique favorise une dynamique critique. Cette recherche met ainsi en évidence l'apport des approches interdisciplinaires dans le traitement des questions controversées, et montre que le croisement entre enseignement scientifique et éducation éthique peut constituer un levier pour développer la pensée critique.

Dans sa thèse, Barbier (2024) examine notamment les différentes approches de la pensée critique et de son enseignement, ancrées dans des considérations pédagogiques et didactiques. L'autrice met en lumière la pluralité des définitions de la pensée critique, qui oscille entre compétence transversale, posture réflexive, outil d'émancipation et méthode d'analyse rationnelle, selon les disciplines, les approches théoriques ou encore les cadres institutionnels mobilisés. Barbier commence par présenter deux grandes familles de conceptualisation de la pensée critique : d'un côté, les approches anglo-saxonnes du *critical thinking*, majoritairement cognitivistes et centrées sur le raisonnement logique ; de l'autre, les approches critiques, plus militantes, qui envisagent la pensée critique comme une praxis visant la transformation sociale et l'émancipation. Elle montre que les discours institutionnels français s'inscrivent dans une logique davantage protectionniste et prescriptive, qui fait de la pensée critique un rempart contre la désinformation, le complotisme et la radicalisation. Dans cette optique, la pensée critique est présentée comme une compétence rationnelle individuelle fondée sur l'adhésion aux « valeurs de la République » et à une forme de vérité institutionnalisée. Barbier propose une analyse fine de la pensée critique telle qu'elle est

envisagée dans plusieurs disciplines scolaires : les sciences, l'histoire-géographie, l'enseignement moral et civique et l'éducation aux médias et à l'information.

- En sciences, plusieurs conceptions coexistent. La pensée critique peut être considérée comme un outil pour apprendre les sciences (en s'appuyant sur les démarches d'investigation, la compréhension de la nature des sciences, ou encore l'argumentation sur des questions socio-scientifiques), ou comme une composante de la pensée scientifique elle-même (pensée épistémologique, attitude critique, capacité à formuler et évaluer des hypothèses, à discuter rationnellement des modèles). La thèse met en évidence les tensions entre les pratiques scolaires simplifiées et les exigences de la pensée scientifique authentique, notamment dans les limites des démarches d'investigation telles qu'elles sont souvent mises en œuvre.
- En histoire, la pensée critique est largement confondue avec la pensée historienne, centrée sur la critique de documents, la contextualisation, la problématisation, et l'analyse de la multiplicité des narrations. La pensée critique historique suppose une rupture avec le sens commun et la reconnaissance du caractère construit et interprétatif du savoir historique. Les obstacles à cette vision critique sont nombreux : attentes des élèves centrées sur des faits à mémoriser, contrat didactique fondé sur une logique de restitution, méthodes d'analyse figées et décontextualisées.
- En enseignement moral et civique, la pensée critique est souvent pensée à travers une vision républicaine normative : il s'agit de former des citoyens rationnels, capables d'exercer une autocritique et d'adhérer aux principes universalistes de la laïcité. Cette approche tend à dépolitiser les débats, à évacuer la conflictualité sociale et à privilégier la neutralité comme horizon de l'enseignement. L'autrice souligne toutefois l'existence d'approches alternatives, plus ouvertes à la diversité des opinions et à la formation d'opinions critiques argumentées.
- En éducation aux médias et à l'information, les conceptions de la pensée critique sont variées, mais généralement orientées vers une logique de régulation des pratiques informationnelles. La pensée critique y est souvent réduite à des compétences de vérification (*fact-checking*, évaluation de la crédibilité des sources), en lien avec une approche défensive face aux dangers des médias numériques. Toutefois, certaines recherches revendiquent une éducation critique aux médias plus émancipatrice, centrée sur l'analyse des représentations, des rapports de pouvoir, des formes de médiation et de réception, voire sur la production de discours alternatifs. L'éducation aux médias et à l'information offre également un terrain pour développer des compétences interprétatives, réflexives, voire militantes.

Barbier souligne que l'analyse des discours institutionnels et des conceptions enseignantes révèle des décalages profonds. Les prescriptions officielles tendent à homogénéiser la pensée critique en la rendant transversale, alors que les pratiques enseignantes et les recherches disciplinaires montrent au contraire une forte contextualisation. De plus, les enseignants sont souvent confrontés à des contradictions entre

leur rôle prescrit (former des citoyens critiques) et les contraintes de leur discipline, de leur formation ou de leurs représentations professionnelles.

Bächtold (2024) propose que le développement de la pensée critique puisse se réaliser au travers des apprentissages associés à la découverte de l'histoire des sciences. Appuyant son propos par la présence de la « formation à l'esprit critique » dans le programme de sciences en France, il propose de relier « pensée critique » à « représentations critiques » des sciences. En ce sens, une approche de l'histoire des sciences peut permettre d'engager une réflexion critique sur les découvertes réalisées dans leurs contextes.

> Selon cette perspective privilégiée par Michael R. Matthews (2012), l'objectif d'apprentissage serait de développer les représentations des sciences des élèves, non pas en leur faisant apprendre des points d'épistémologie, mais en les amenant à questionner et discuter, sur le plan épistémologique, différents aspects du fonctionnement des sciences. (Bächtold, 2024, p. 216)

Cependant, au niveau secondaire en Belgique francophone, peu de pratiques sont détaillées et explorées pour favoriser le développement d'une pensée critique. Cette situation conduit à la question centrale : comment développer une pensée critique chez les élèves ? Or, comme le rappelle Gagnon (2014), l'enfance et l'adolescence sont des moments durant lesquels il convient de mettre en place des activités qui favorisent le développement de la pensée critique. Il n'est pas concevable d'estimer que l'on doive faire preuve de pensée critique durant les études supérieures sans que celle-ci ait été développée et entrainée préalablement. Il s'agit là d'un apprentissage qui doit se faire tout au long de la scolarité.

Le développement de la pensée critique peut prendre de multiples formes ; par exemple, au travers de la résolution de problèmes de haut niveau (Mislia et al., 2019), d'une approche philosophique (Tozzi et Leleux, n.d.) ou encore en développant une culture scientifique et une démarche expérimentale (Barma, 2007 ; Maquart, 2024). Dans notre recherche qui s'intéresse au développement d'une pensée critique chez des élèves de 14-15 ans, nous avons focalisé notre attention sur une approche socioconstructiviste alliant investigation et intégration de pauses métacognitives et d'un entrainement au contrôle inhibiteur ou non. Les choix de ces approches et les liens avec le développement de la pensée critique sont présentés au point suivant.

L'essentiel à retenir

Le développement de la pensée critique est aujourd'hui considéré comme un enjeu central pour répondre aux défis de la société contemporaine. La pensée critique est reconnue pour favoriser un enseignement démocratique, dans lequel les enseignants initient des débats argumentés sur des enjeux sociaux et environnementaux.

Pour que cette compétence puisse réellement se développer chez les élèves, il est essentiel de souligner le rôle majeur des enseignants. La formation de ces derniers apparaît déterminante. En effet, c'est à travers leurs interventions, leurs choix didactiques et leur posture qu'ils peuvent créer les conditions propices à l'émergence de la pensée critique. Parmi les modalités d'enseignement de celle-ci, une approche où les enseignants verbalisent explicitement les démarches mentales réalisées est identifiée comme la plus efficace, à condition qu'elle soit contextualisée dans des situations signifiantes, dans une discipline précise. Une verbalisation explicite des stratégies que les élèves mettent en œuvre semble également concourir au développement de la pensée critique.

La métacognition constitue également un levier important pour soutenir cette compétence. En effet, la capacité à réfléchir sur ses propres processus de pensée permet à l'élève de mieux comprendre comment il raisonne, prend position et évalue les informations. Cela renvoie aux travaux relatifs aux systèmes de pensée, en particulier le système 1 (intuitif, rapide) et le système 2 (réflexif, lent) et à l'importance d'amener les élèves à inhiber leurs réponses automatiques pour mobiliser des raisonnements plus élaborés.

Or, au niveau du secondaire, les travaux et dispositifs explicitement dédiés à cet apprentissage restent peu nombreux. Pourtant, les recherches montrent des effets prometteurs. Des liens peuvent être réalisés entre l'enseignement des sciences et le conflit sociocognitif, la métacognition et l'inhibition pour favoriser le développement de la pensée critique. Les résultats indiquent que les élèves confrontés à un conflit cognitif obtiennent des scores statistiquement plus élevés en pensée critique. Ces résultats sont encore améliorés lorsqu'un entrainement spécifique de l'inhibition est proposé. La verbalisation explicite de la démarche métacognitive et donc le rôle essentiel de l'enseignant qui accompagne la prise de conscience des différents concepts à mobiliser, sont nécessaires.

Les différents auteurs mettent en évidence l'importance de l'enseignant, en soulignant qu'il doit poser des questions aux élèves de manière à les amener à expliquer comment et pourquoi ils expriment tel élément. Ce questionnement soutient la structuration de la pensée et favorise la clarification des raisonnements. Ils insistent aussi sur le rôle du dialogue dans le développement de la pensée critique, notamment l'émergence de la pensée critique à travers le dialogue philosophique qui permet l'activation d'habiletés spécifiques. L'appropriation de ces habiletés nécessite un processus d'apprentissage rigoureux dans lequel l'enseignant joue un rôle essentiel pour en favoriser l'appropriation par les élèves.

Chapitre 3

Cadre théorique

Entre didactique, pédagogie et sciences cognitives

Le développement de la pensée critique s'inscrit dans un cadre socioconstructiviste, où le dialogue et les conflits sociocognitifs soutiennent précisément cette pensée critique. Elle est définie comme un processus mobilisant des savoirs, savoir-faire et savoir-être pour résoudre des problèmes contextualisés, à travers des capacités clés telles que la formulation de questions, l'émission d'hypothèses et l'interprétation. Ces capacités sont pleinement intégrées à la démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences selon une approche socioconstructiviste. La métacognition, en tant que macroprocessus, mobilisée à travers des pauses métacognitives proactives, offre aux élèves un recul réflexif sur leurs représentations. Enfin, le contrôle inhibiteur, en tant que microprocessus cognitif, permet de suspendre les réponses intuitives au profit de raisonnements plus réfléchis. Dans cette démarche, l'enseignant joue un rôle essentiel en concevant des situations-problèmes fondées sur les représentations initiales des élèves, en favorisant la démarche métacognitive et en structurant les échanges nécessaires au conflit sociocognitif.

3. Cadre théorique

Entre didactique, pédagogie et sciences cognitives

La problématique étant posée et l'état de l'art étant réalisé, il est à présent possible de plonger dans le cadre théorique qui soutient notre dispositif didactique. Cherchant la meilleure façon d'imbriquer les différents concepts de façon à rendre notre propos intelligible, nous proposons de structurer notre cadre théorique de la façon suivante.

Posant que l'enseignement dans lequel prend place notre dispositif est fondé sur le socioconstructivisme comme cadre théorique de référence lié aux apprentissages, nous présentons et justifions ce cadre en premier lieu. Posant le second constat que le dispositif proposé se déploie dans l'enseignement des sciences et en particulier durant les démarches d'investigation, nous nous focalisons sur ce second cadre en deuxième lieu. Ancrée dans la didactique des sciences et portée par une approche socioconstructiviste, cette démarche peut être envisagée comme la colonne vertébrale de notre dispositif. Elle est contextualisée à l'enseignement des sciences en Belgique et nous en décrivons la mise en œuvre. Une attention particulière est portée aux étapes qui la structurent et à nos définitions de ces étapes.

Une fois ce cadre global posé, nous définissons notre conception de la pensée critique et les liens qui existent entre ce concept et notre cadre socioconstructiviste centré sur la démarche d'investigation en sciences.

Nous poursuivons la description de notre cadre théorique par la présentation de deux concepts utilisés dans notre dispositif : le concept de métacognition, que l'on considère comme un « macroprocessus » dans notre dispositif didactique, et le contrôle inhibiteur appréhendé comme « microprocessus ».

Enfin, nous présentons l'ensemble du dispositif reposant sur ces différents éléments.

Avant d'entamer la présentation des différents concepts choisis, nous rappelons le contexte de cette recherche de thèse et les acceptions qui la sous-tendent. Cette recherche de thèse est ancrée dans les sciences de l'éducation et en didactique des sciences. Maulini (2001) indique que si la didactique s'intéresse principalement à la relation entre les élèves et le savoir (et également avec l'enseignant (Raynal et Rieunier, 2014)), la pédagogie se focalise davantage sur la gestion des élèves et l'organisation de l'environnement d'apprentissage. Cette distinction peut être fine, les deux domaines étant intimement liés dans les pratiques réelles d'enseignement. Cette recherche prend donc appui sur des concepts issus des sciences de l'éducation, de la didactique des sciences et des neurosciences. Ainsi, Robert et Guyon (2018) relèvent que les sciences de l'éducation peuvent ne s'appuyer que sur des disciplines contributives, telles que la psychologie ou sociologie, lui conférant un caractère rigoureux, mais négligeant la complexité de la réalité, car n'observant la réalité qu'au travers de prismes spécifiques. À l'inverse, ils expriment qu'elles peuvent être aux frontières de plusieurs

disciplines et que le chercheur en sciences de l'éducation doit alors être capable d'utiliser les concepts tirés de diverses disciplines. Dans ce cas, Robert et Guyon reconnaissent qu'il y a une perte de rigueur dans les éléments abordés, mais un gain en complexité et ancrage dans le réel. Nous inscrivons notre recherche dans cette deuxième approche.

Ainsi, cette recherche est à l'intersection de plusieurs champs que sont la didactique, la pédagogie ou encore les sciences cognitives. Il est alors nécessaire de préciser ce que l'on accepte de ces différents champs afin d'éviter toute ambiguïté dans les termes employés. Dans les sections suivantes, au-delà de la présentation des concepts, une justification des termes employés est présentée dans le contexte de cette recherche.

3.1. Socioconstructivisme et enseignement des sciences fondé sur l'investigation

Dans ce premier point de notre cadre théorique, notre attention est portée sur les pratiques pédagogiques et didactiques menées en classe dans un cadre socioconstructiviste. Ce cadre épistémique semble particulièrement adapté pour le développement de la pensée critique, comme cela est décrit ci-après.

Pour décrire notre cadre socioconstructiviste, nous repartons d'un texte de Bruner (2000) dans lequel il compare synthétiquement les théories de l'apprentissage de Piaget et Vygotsky, pères fondateurs du constructivisme, pour le premier, et du socioconstructivisme, pour le second.

Bruner (2000) qualifie les perspectives de Piaget et de Vygotsky de véritables théories de la connaissance. Selon lui, la divergence fondamentale entre les deux auteurs repose sur l'accent mis par Piaget sur les processus logiques internes et celui mis par Vygotsky sur l'influence de la culture. Du point de vue de Piaget, la connaissance résulte d'une construction active, dont la validité est éprouvée par l'action de l'individu sur le monde. Ce processus repose sur un mécanisme d'équilibration, fondé sur l'alternance de déséquilibres et de rééquilibrations, en interaction constante avec l'environnement. Deux processus complémentaires soutiennent cette dynamique : l'assimilation, par laquelle les données du réel sont intégrées à des structures mentales existantes, et l'accommodation qui modifie ces structures pour les adapter à des expériences nouvelles. Son approche repose cependant sur un individualisme méthodologique affirmé : il s'est délibérément désintéressé des dimensions culturelles et intersubjectives du développement. Selon Bruner, il ne s'agirait pas là d'un simple oubli, mais bien d'un choix théorique assumé. À l'inverse, si Vygotsky, tout comme Piaget, considère que l'esprit joue un rôle d'interface entre le monde extérieur et l'expérience individuelle, il rejette l'idée que cette médiation puisse être décrite en termes de raisonnement logique. Pour lui, l'esprit est avant tout un processus d'attribution de sens, dont le fonctionnement est profondément enraciné dans le langage et la culture. Le développement cognitif implique donc l'appropriation progressive de systèmes symboliques complexes, tels que le langage mathématique ou l'écriture, qui, produits historiquement par la culture, peuvent intégrer ou même remplacer des formes antérieures de pensée. Ces systèmes culturels, considérés comme des outils cognitifs, ne se développent pas uniquement par

maturation interne ; ils reposent sur des interactions sociales permanentes. En effet, c'est au travers des échanges verbaux que l'enfant intériorise des significations et des formes de pensée qui émanent du système socioculturel dans lequel il évolue. C'est dans ce cadre que s'inscrit la notion clé de Zone Proximale de Développement (ZPD) chez Vygotsky.

> Schématiquement, disons que la ZPD est constituée par la distance qui sépare ce qu'un individu peut faire de lui-même, sans l'aide de personne, et ce qu'il parvient à faire grâce aux indications et aux aides que peut lui apporter un autre individu informé. C'est là, au niveau de la ZPD, que la pédagogie et les relations intersubjectives sont introduites dans les conceptions de Vygotsky. (Bruner, 2000, p. 245)

La pédagogie, dans cette perspective, vise précisément à soutenir l'élève dans cette zone de développement potentiel, en attirant son attention sur les éléments pertinents d'un problème, en structurant les étapes de compréhension et en favorisant un apprentissage guidé. Ainsi, si Piaget s'est principalement attaché à identifier l'ordre invariant des stades du développement intellectuel, Vygotsky s'est surtout interrogé sur la manière dont l'environnement social et culturel rend ce développement possible. Notons quand même que Bruner nuance cette opposition : chacun des deux auteurs reconnaissait l'importance des thématiques abordées par l'autre. Vygotsky reconnaissait, par exemple, que le développement cognitif progresse du concret vers l'abstrait, tandis que Piaget admettait que l'accès au raisonnement propositionnel repose sur des apports culturels.

Pour Legendre (2008), le socioconstructivisme n'est pas une théorie de l'apprentissage, mais davantage un paradigme épistémologique offrant une certaine vision du monde et permettant de l'analyser.

> En tant que paradigme épistémologique, le socioconstructivisme conduit à établir d'étroites relations entre le culturel, le social et le cognitif. De même qu'il postule l'indissociabilité du sujet et de l'objet dans l'acte même de connaitre, il affirme l'interdépendance des dimensions cognitive et sociale. La première de ces dimensions conduit à envisager toute connaissance comme le produit d'une activité du sujet qui construit sa compréhension du monde à partir de ses propres actions et processus de raisonnement et qui développe sans cesse de nouveaux outils et de nouvelles possibilités d'action au fur et à mesure qu'il accroît cette compréhension (Piaget, 1967). La seconde conduit à considérer toute activité, pratique ou intellectuelle, comme indissociablement cognitive et sociale dans la mesure où elle s'inscrit toujours dans un contexte socialement marqué et dépend d'un ensemble d'outils et d'artefacts fournis par la culture (Vygotsky,1997). (Legendre, 2008, p.70)

Au-delà de ces considérations plus théoriques, observons ce que certains auteurs décrivent dans leurs applications en classe. Jonnaert (2009) souligne l'importance des interactions sociales dans le processus de construction des connaissances, que ce soit en contexte scolaire ou non. Il précise que ces interactions sociales peuvent être des échanges entre pairs ou établis avec un adulte. Dans cette approche socioconstructiviste, le conflit

sociocognitif occupe une place centrale pour favoriser la construction de nouvelles connaissances.

> Le développement de l'intelligence implique la coopération, mais aussi le conflit. Le conflit (d'idées évidemment, et non le conflit physique) est le moteur du doute, du déclic qui permet de remettre en cause ses croyances. Pas de progrès sans débat d'idées, sans conflit cognitif (sans décentration, disent les psychologues cognitivistes) […] La capacité à discuter sa propre pensée, et pas uniquement à la justifier, la possibilité de considérer autrui comme un interlocuteur possible exigent un décentrement psychologique avec son propre univers de références. (Develay, 2013)

Dans leur dictionnaire, Raynal et Rieunier proposent de décrire le constructivisme comme une

> position théorique qui estime que le développement d'un individu est un processus permanent de construction et d'organisation des connaissances. […] Quelle que soit la technique d'enseignement choisie (…), l'élève devra reconstruire le savoir (car c'est ainsi qu'il apprend) à partir de la situation proposée par l'enseignant. (Raynal et Rieunier, 2014, p.155-156)

Raynal et Rieunier nous apportent également un éclairage sur le rôle de l'enseignant dans l'approche socioconstructiviste.

> Pour Vygotsky […], l'enfant est d'abord un être social. Le développement de sa pensée […] est le fruit d'une interaction permanente avec le monde des adultes. […] Quoique d'accord avec Piaget […] sur une conception du développement par stades successifs et hiérarchisés, il estime que le développement cognitif peut subir dans certaines circonstances favorables, une véritable accélération, grâce à l'intervention de l'adulte. (Raynal et Rieunier, 2014, pp.503)

Ainsi, la théorie socioconstructiviste propose que chaque élève, et plus largement chaque être humain, construise ses propres connaissances dans un contexte d'apprentissage. Cette construction de connaissances est un processus complexe mobilisant diverses activités mentales visant le croisement des données pour établir une connaissance propre. De par son approche sociale, cette théorie met l'accent sur le rôle majeur des interactions sociales dans le processus de construction que ce soit avec d'autres élèves ou avec l'enseignant.

Il est à présent intéressant de voir comment l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation s'intègre dans ce cadre du socioconstructivisme.

Driver et ses collègues (1994) défendent une approche socioconstructiviste de l'enseignement des sciences, en insistant sur le fait que les connaissances scientifiques ne peuvent être ni simplement transmises ni directement découvertes, mais qu'elles doivent être activement construites par les apprenants. Cette construction s'opère à la fois au niveau individuel, à travers l'activité mentale propre à chaque élève, et au niveau social par l'intermédiaire des interactions langagières et culturelles en classe. Les auteurs rappellent d'abord que la connaissance scientifique est fondamentalement symbolique et socialement

négociée. Elle ne résulte pas directement de l'observation du monde, mais est le fruit d'un travail collectif de modélisation au sein de la communauté scientifique. L'article distingue deux perspectives complémentaires sur l'apprentissage. La première, d'inspiration piagétienne, met l'accent sur l'activité cognitive individuelle. L'élève apprend en confrontant ses schémas mentaux à des expériences déstabilisantes, provoquant un conflit cognitif et une réorganisation des conceptions. Cette approche a conduit à des pratiques pédagogiques centrées sur l'induction de conflits conceptuels par des activités concrètes et des discussions entre pairs. Toutefois, les auteurs soulignent que cette perspective néglige le rôle central des outils culturels du savoir scientifique, comme le langage, les symboles ou les conventions de représentation. Elle tend aussi à sous-estimer la possibilité que les élèves conservent plusieurs cadres explicatifs en parallèle selon les contextes, plutôt qu'ils ne remplacent systématiquement une théorie par une autre. La seconde perspective s'inspire des travaux de Vygotsky et considère l'apprentissage comme un processus essentiellement social. Le langage, les interactions et la participation à des pratiques partagées sont au cœur de la construction des significations. Apprendre, c'est être introduit dans une culture donnée par un membre plus expérimenté, qui rend accessibles les outils et les représentations de cette culture. Le rôle de l'enseignant devient alors celui d'un médiateur culturel, qui accompagne l'élève dans l'appropriation des concepts scientifiques en les rendant à la fois disponibles et signifiants dans le cadre des activités scolaires. Cette double perspective conduit les auteurs à interroger le rapport entre les connaissances informelles des élèves et le savoir scientifique. Les élèves disposent en effet de représentations fortement ancrées dans leur expérience quotidienne et leur socialisation culturelle. Ces représentations, loin d'être purement personnelles, sont souvent partagées au sein d'une même culture (par exemple, l'idée que l'air n'a pas de masse, ou que la combustion fait disparaître la matière). Elles sont pragmatiques, implicites et adaptées à des situations concrètes, mais diffèrent profondément des modèles explicites, généralisables et théoriquement fondés de la science. Dès lors, apprendre les sciences ne peut se limiter à enrichir le savoir empirique des élèves ou à remplacer une idée erronée par une autre plus juste. Il s'agit d'un changement de registre épistémologique : entrer dans un nouveau mode de pensée, caractérisé par des entités, des règles de validation et des objectifs propres à la communauté scientifique. Cette transition nécessite à la fois une médiation sociale – c'est-à-dire l'introduction des outils culturels par l'enseignant – et une construction personnelle de sens par l'élève.

Bächtold (2012) propose d'établir les liens clairs qui existent entre le socioconstructivisme et l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation. Au regard des raisons à mettre en œuvre des démarches d'investigation dans les cours de sciences, il relève que cette démarche favorise les apprentissages et la compréhension des connaissances par les élèves, car ceux-ci sont en action (physiquement et intellectuellement). Ainsi, selon cet argument à développer l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, Bächtold poursuit en expliquant que cette démarche est considérée comme relevant du socioconstructivisme. Le socioconstructivisme sous-tendant la démarche d'investigation en sciences est nourri de plusieurs approches synthétisées par Bächtold. Il relève la théorie piagétienne, et l'apport de la nécessité du conflit cognitif pour faire évoluer les

représentations, et l'interaction sociale de Vygotsky déclinée entre le conflit sociocognitif, la coopération entre les élèves et l'acculturation des élèves par l'enseignant.

3.1.1. Représentations

3.1.1.1. Définitions

L'introduction du terme « représentation » dans la recherche en éducation remonte, dans l'espace francophone, à la fin des années 1960. Dès cette période, les chercheurs s'intéressent aux conceptions préalables des apprenants, en particulier dans le cadre de l'apprentissage des sciences. Plusieurs termes connexes apparaissent dans la littérature : représentations mentales, conceptions naïves, alternatives, préconceptions, *mental models*, ou encore *pre-instructional conceptions*. Tous désignent des formes de compréhension initiale, souvent erronées, mais significatives dans le processus d'apprentissage.

Dans la lignée des approches constructivistes, plusieurs auteurs soulignent l'importance de prendre en compte les représentations initiales des élèves. Astolfi (1984) joue un rôle central dans cette reconfiguration : il propose que les représentations ne soient pas perçues comme des structures cognitives figées, mais plutôt comme des stratégies cognitives contextuelles, activées selon les situations d'apprentissage. En accord avec cela, Viennot (1996) explique qu'une attention particulière doit être accordée aux conceptions initiales des apprenants qui peuvent interférer avec l'apprentissage de concepts scientifiques. Le rôle de l'enseignant est de faire prendre conscience aux apprenants de leurs conceptions et de les aider à les déconstruire et ce, via un conflit sociocognitif entre pairs, mais également via des actions métacognitives spécifiques (comme le questionnement menant à la verbalisation des conceptions initiales). Ce positionnement est repris par Dehon et Derobertmasure (2016), qui précisent que certains courants pédagogiques inspirés du socioconstructivisme mettent la notion de représentation au cœur du dispositif didactique. Ils soulignent l'impact positif de cette approche sur les performances scolaires, en particulier dans des contextes d'enseignement différencié. Ainsi, la prise en compte des représentations permet une didactique plus fine, adaptée aux conceptions initiales des élèves, et favorise l'évolution de leurs apprentissages.

Le terme « représentation » est cependant polysémique. Fournier (2013) rappelle que les notions de représentation et de conception sont parfois utilisées de manière interchangeable, bien que leur distinction soit soutenue par certains auteurs. Verhaeghe et al. (2004), se basant sur les travaux de Giordan et De Vecchi (1994), définissent le concept de représentation dans un cadre didactique et proposent ceci : « Une conception est l'explication que se fait l'individu du monde qui l'entoure et ce, via des modèles explicatifs dont il dispose. Ceux-ci sont souvent inadaptés et peuvent donc induire des idées fausses » (Giordan et De Vecchi cités dans Verhaeghe et al., 2004, p.88). Bien que les modèles explicatifs soient souvent approximatifs ou inadéquats, ils servent à organiser l'information et à donner un sens à la réalité. Cette perspective est enrichie par Dehon et Derobertmasure (2016), qui reconnaissent la double fonction des représentations : bien qu'elles puissent induire des erreurs, elles permettent de résoudre des problèmes, anticiper, généraliser et fonctionner par analogie.

Ayrinhac et Bru (2020) proposent une autre approche complémentaire. Pour ces auteurs, les représentations initiales sont des structures mentales préexistantes, souvent erronées, issues de l'environnement socioculturel, des médias ou de l'expérience personnelle. Leur résistance à l'apprentissage les rend particulièrement significatives en tant qu'obstacles épistémologiques. C'est pourquoi leur identification est essentielle pour initier un conflit sociocognitif, suivi d'un réajustement conceptuel.

Capo Di Fero de Montarsolo et Roux (2013) insistent sur l'importance pédagogique de confronter les représentations des élèves. Selon elles, cette confrontation peut être réalisée entre pairs ou avec les résultats d'une expérience scientifique, jouant alors un rôle de révélateur. C'est dans cette tension entre représentations initiales et réalités expérimentales qu'un décalage cognitif, moteur de l'apprentissage, peut émerger. Cette idée est confirmée par Ayrinhac et Bru (2020), qui identifient trois leviers favorisant le dépassement des représentations erronées :

- des apports théoriques clairs et structurés,
- des situations-problèmes déclenchant un conflit (socio-)cognitif,
- une implication active de l'élève dans la construction du savoir.

Dans ce contexte, le rôle de l'enseignant est déterminant. Il conçoit la situation-problème de façon à provoquer un conflit cognitif, sélectionne les expériences en fonction des représentations ciblées et structure les interactions sociales qui permettent un réel conflit sociocognitif (Capo Di Fero de Montarsolo et Roux, 2013).

3.1.1.2. Recueil et usages

Ce point traite de la façon dont on peut recueillir les représentations et quels usages il est possible d'en faire pour favoriser les apprentissages.

Les fonctions épistémiques de l'écrit ont été largement étudiées dans le cadre des apprentissages scientifiques (Chartrand et Blaser, 2007 ; Chartrand et al., 2006 ; Blaser, 2007). La question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » interroge la nature de ce que les élèves expriment : s'agit-il réellement de représentations ou plutôt de conceptions fragmentées, sans organisation suffisante pour soutenir la formulation d'une hypothèse ?

L'intérêt de verbaliser les représentations initiales, le « déjà-là », est appuyé par Dehon et Derobertmasure (2016) qui soulignent que pour favoriser un changement conceptuel, le dispositif pédagogique doit adopter une approche inductive. L'objectif est de confronter les élèves à des situations authentiques, susceptibles de provoquer un doute sur leurs représentations initiales et ainsi de favoriser leur évolution, mais également de prendre conscience qu'ils sont capables de formuler des hypothèses ou des interprétations basées sur des connaissances antérieures.

Cependant, il est essentiel de distinguer représentation et production. Comme le rappellent Orange et Orange Ravachol (2013), la confusion est fréquente entre la production (qu'elle soit orale ou écrite) et la représentation mentale. Assimiler sans précaution une

production à une représentation revient à ignorer le travail d'interprétation requis de la part de l'enseignant ou du chercheur, ainsi que les conditions de réalisation de cette production.

> L'idée que ces représentations existeraient telles quelles avant la situation qui conduit les élèves à les construire en réalisant une production ne semble pas adéquate. Cette idée néglige à la fois le travail du problème qu'on soumet aux élèves et l'importance de la réalisation de la production demandée (texte, schéma ou autres) dans l'élaboration de leur pensée. Tout cela conduit les didacticiens à mettre l'accent davantage sur le processus que sur l'objet « représentations ».(Orange et Orange Ravachol, 2013, p. 51)

Dans cette optique, Orange et Orange Ravachol critiquent les approches qui étudient les représentations uniquement sous un angle descriptif, déconnecté des problèmes scientifiques. Une telle perspective revient à considérer les productions des élèves comme des équivalents simplifiés des modèles scientifiques, niant ainsi leur rôle dans l'élaboration des connaissances et leur dimension problématique (réification d'ordre épistémologique).

Au regard de ces éléments, nous concevons que les productions des élèves en réponse à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » sont semblables à des représentations issues de la situation-problème posée à un moment donné. Notre démarche cherchant à favoriser la verbalisation de connaissances antérieures pour produire une meilleure hypothèse ou une meilleure interprétation, nous acceptons d'employer le terme « représentations ». Au-delà du terme employé, analyser les représentations, l'expression des connaissances antérieures pour aborder une situation-problème, constitue un levier essentiel pour adapter les situations d'enseignement. Dehon et Derobertmasure (2016) insistent sur la nécessité de partir des représentations des élèves, même erronées, afin de concevoir des dispositifs d'apprentissage pertinents. Ces représentations, souvent résistantes, doivent être comprises pour identifier les difficultés potentielles et les cadres de référence individuels. Dehon et Derobertmasure, s'appuyant sur plusieurs auteurs, conçoivent ces représentations comme des éléments diagnostiques permettant d'anticiper les obstacles et de guider les choix didactiques. Nous tenons compte de ces éléments pour construire notre dispositif.

Enfin, la question des modalités de recueil des représentations est cruciale pour la recherche et la pratique. Ayrinhac et Bru (2020) s'intéressent aux différences entre modalités écrites, orales et schématiques. Les productions schématiques accompagnées de texte permettent une représentation plus précise et nuancée. Les verbalisations orales s'appuient souvent sur des images fortes, influencées par les médias ou les expériences personnelles et mettent en évidence des représentations plus extrêmes. Les auteurs concluent que le croisement des modalités de recueil, tout au long de l'année scolaire, permet d'obtenir une compréhension plus fine et complète des conceptions des élèves. Cela constitue un levier précieux pour ajuster les pratiques pédagogiques.

3.1.2. Investigation

Potvin, Riopel et Masson (2007) soulignent que l'enseignement des sciences peut intégrer diverses approches, telles que l'enseignement par problèmes, la démarche hypothético-

déductive et l'utilisation raisonnée des technologies éducatives. La diversité méthodologique, bien que complexe, favorise un apprentissage riche et nuancé. Dans le contexte de cette recherche, nous nous centrons sur la démarche d'investigation.

Les tâches fondées sur l'investigation scientifique sont fréquemment valorisées dans l'enseignement des sciences, car elles visent à stimuler la motivation des élèves et à renforcer leur intérêt pour la discipline. Elles s'appuient, souvent de manière implicite, sur des modèles didactiques d'inspiration socioconstructiviste, en proposant des situations issues de la vie quotidienne (Boilevin et al., 2012). Les mêmes auteurs soulignent également l'intérêt de cette démarche du point de vue pédagogique, dans la mesure où elle permet de mobiliser les connaissances préalables des élèves, qu'ils peuvent confronter et mettre à l'épreuve par l'intermédiaire d'échanges entre pairs ; une dynamique qui s'inscrit pleinement dans une perspective socioconstructiviste.

La démarche d'investigation, centrale en didactique des sciences, est définie comme une méthode privilégiant l'activité et l'autonomie des élèves pour leur permettre de s'approprier les savoirs scientifiques par eux-mêmes (Venturini et Tiberghien, 2012). Cette démarche rompt avec les approches traditionnelles centrées principalement sur la mémorisation et l'application de procédures systématiques. Calmettes (2012) souligne ainsi que les démarches d'investigation encouragent des compétences telles que la pensée critique, la créativité, l'initiative, l'autonomie et la capacité à résoudre des problèmes. Elles impliquent spécifiquement la formulation d'hypothèses, leur validation expérimentale, la modélisation et les débats argumentatifs, activités proches de celles des scientifiques professionnels.

Pour Boilevin (2013b), les démarches d'investigation sont essentielles, car elles permettent aux élèves de développer une compréhension plus approfondie et durable des concepts scientifiques, tout en favorisant leur engagement dans l'apprentissage. Cariou (2009) ajoute que ces démarches doivent être enrichies par des apports issus de l'histoire et de l'épistémologie des sciences pour développer chez les élèves un véritable esprit scientifique, caractérisé par la curiosité, le doute constructif et l'ouverture d'esprit.

Pour structurer ces démarches d'investigation, la place de l'écrit est relevée comme essentielle. En effet, des traces écrites de diverses formes (textes, données chiffrées, schémas, graphiques…) permettent la structuration et l'organisation d'une démarche d'investigation (Laugier, 2006). Ces traces constituent le reflet du cheminement intellectuel des élèves. Au-delà de structurer la démarche, l'écrit y apparait comme un vecteur de transformation de connaissances (Fillon et Vérin, 2001). La formalisation d'une expérience et de ses résultats autour de l'écrit permet de conceptualiser la démarche menée, de produire des définitions se rapportant aux concepts mis en évidence ou encore de transférer les concepts à d'autres situations.

Au-delà de la démarche d'investigation stricte, l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (ESFI) fait l'objet de très nombreux travaux de recherche, comme le montrent notamment Bächtold (2012), Boilevin (2013b) ou Venturini et Tiberghien (2012) : analyse des curricula, représentations des enseignants sur l'ESFI, croyances et connaissances des enseignants sur la nature des sciences, fondements épistémologiques, psychologiques et

didactiques de ce type d'enseignement. Pour clarifier la réflexion didactique sur l'ESFI, la transposition didactique semble constituer un cadre théorique pertinent (Boilevin, 2013b); la démarche d'investigation (DI) apparaît comme une démarche d'enseignement des sciences entretenant des rapports avec les démarches scientifiques. Boilevin (2013b) distingue cinq niveaux (ce que font les scientifiques, ce que disent les curricula, ce que font les enseignants, ce que font les élèves et ce qui est évalué). Notre attention se porte plus spécifiquement sur deux d'entre eux : ce que l'enseignant fait et ce que font les élèves. Nous nous centrons également sur ce qu'ils apprennent et comment ils l'apprennent.

L'ESFI contribue à rendre l'apprentissage plus actif et plus motivant en proposant aux élèves des tâches plus ouvertes qui leur laissent plus d'autonomie (Boilevin, 2013a ; Calmettes, 2012) en multipliant les situations qui permettent d'exercer des savoir-faire tels que se questionner, émettre des hypothèses, rechercher avec méthode et rigueur, argumenter et communiquer avec ses pairs. Il permet également aux élèves d'apprendre des connaissances scientifiques et de s'instruire sur la manière d'apprendre en elle-même et enfin, il concourt à améliorer le raisonnement scientifique (Blanchard et al., 2010).

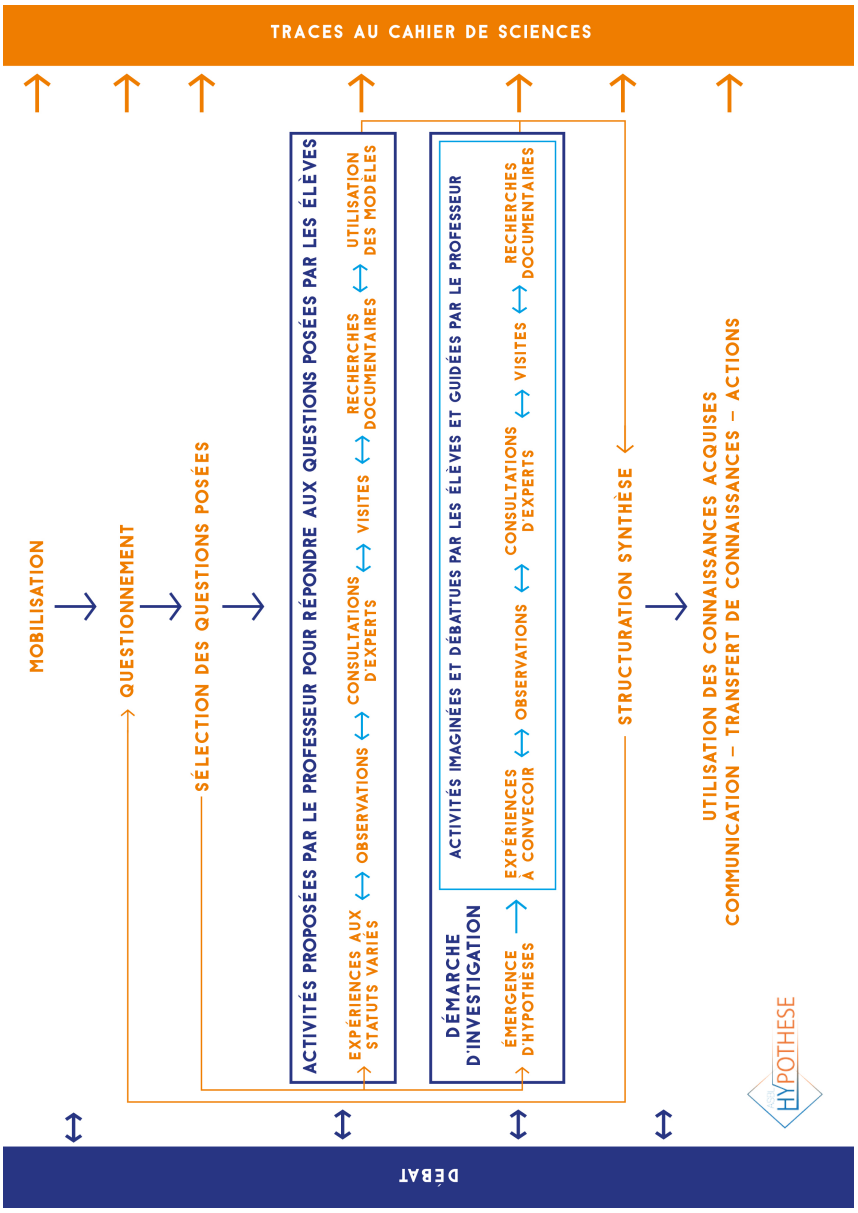
Selon Verhaeghe et al. (2004), la DI peut être envisagée selon trois approches. La DI illustrative est envisagée comme une tautologie de notions présentées par l'enseignant. Elle permet de confirmer des concepts théoriques. La seconde, la DI empiriste est fondée sur la structure OHERIC (observation, hypothèse, expérience, résultat, interprétation, conclusion). Lorsque la DI est utilisée selon cette approche, elle permet de (re)découvrir un concept en sélectionnant soigneusement la problématique sous-jacente et l'expérience vécue. La démarche est simplifiée et orientée pour répondre à l'objectif fixé. Enfin, la troisième approche est la DI dite constructiviste. Dans cette dernière approche, la démarche ne se base plus sur le matériau apporté par l'enseignant pour aider les élèves à atteindre directement et systématiquement l'objectif établi, mais, au contraire, se fonde sur les représentations initiales des élèves et cherche à les déconstruire en vue de les améliorer. Les auteurs présentent la dernière approche comme celle souhaitée, car, en se basant sur les représentations initiales des élèves, elle peut alors être source d'un déséquilibre entre leurs connaissances antérieures et une situation nouvelle et être génératrice d'une évolution des représentations.

Cariou (2010) relève que sortir d'une approche empiriste-positiviste est une démarche délicate pour l'enseignant. Avec la méthode PHyTe (Problème, Hypothèse, Test), il propose une démarche similaire à celle dite constructiviste de Verhaeghe et al. (2004). Pour les capacités qu'elle permet de développer, une telle démarche complexe semble idéale pour favoriser le développement d'une pensée critique. Néanmoins, elle nécessite du temps et une préparation fine du matériel à disposition des élèves, afin qu'ils puissent vivre réellement la démarche tout en soutenant les objectifs d'évolution des représentations et de la compréhension des concepts à atteindre.

La DI est une démarche préconisée par les programmes de sciences (Fédération de l'enseignement secondaire catholique, 2014a, 2014b) ainsi que dans le nouveau référentiel de sciences (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2022). En Belgique francophone, Hypothèse

asbl (2023) propose un modèle de la DI qui nous parait pertinent au regard de la littérature, mais aussi pour sa clarté de lecture. Ce modèle existe depuis de nombreuses années pour la formation des enseignants et a été mis à jour en 2023 (cf. Figure 1). Cette représentation schématique de la DI, bien que présentée de façon linéaire, met en lumière les allers-retours que l'on peut faire entre les différents temps de la DI. Elle montre aussi la distinction à faire entre une véritable DI et ce que l'enseignant peut mettre en place en sciences dans sa classe sans que cela ne relève nécessairement d'une DI complète et aboutie.

Figure 1. La démarche de recherche en classe (Hypothèse asbl, 2023)



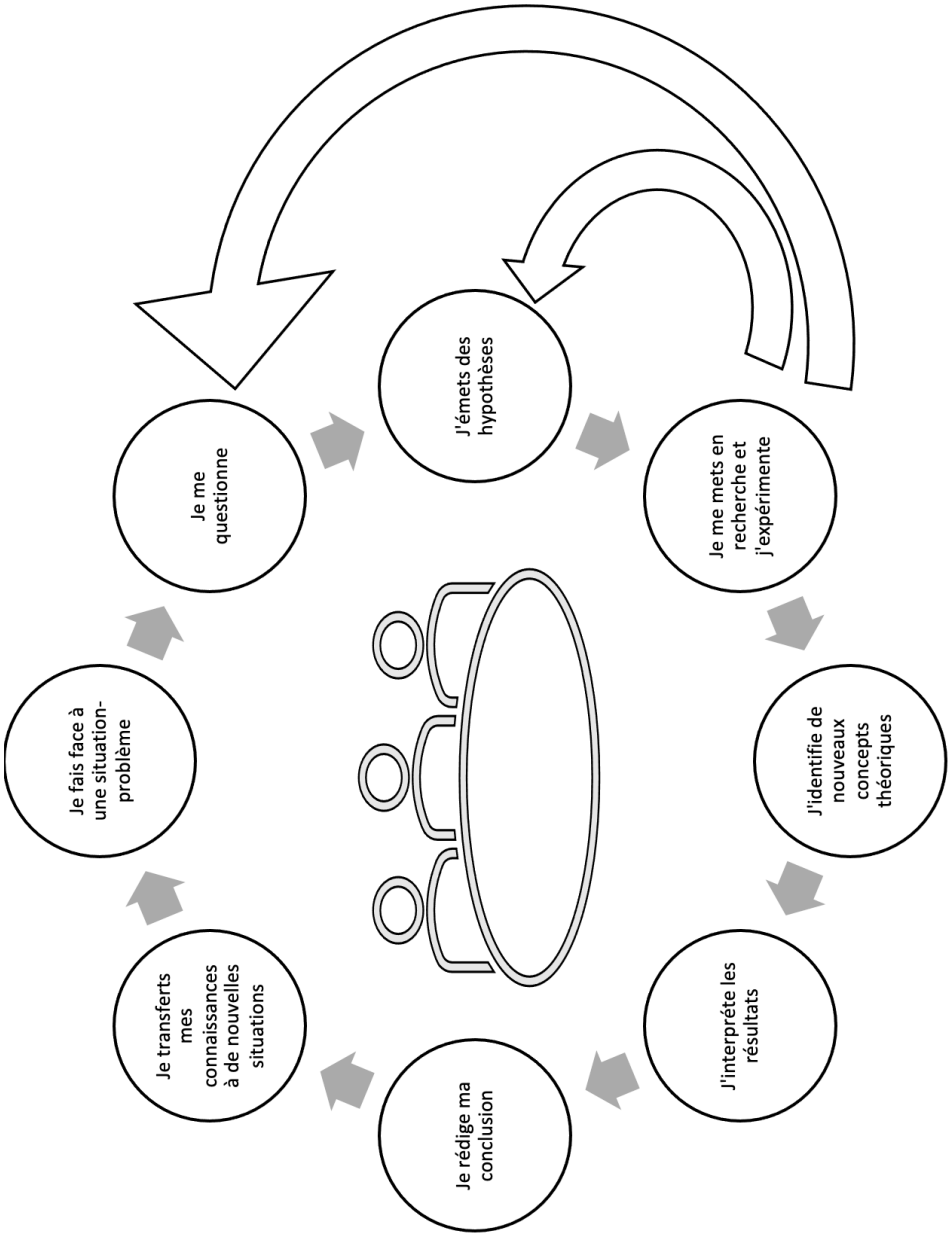
Le référentiel de sciences (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2022) propose une synthèse des modèles de la démarche d'investigation en présentant les aspects essentiels de ces derniers. Leur modèle présente une démarche comparable à celle proposée par Hypothèse asbl, mais il n'insiste pas sur les mêmes éléments. Autant il est plus succinct quant aux étapes à réaliser pour mener une démarche d'investigation, autant transparait l'importance de la confrontation au réel et la valorisation des représentations (pour nourrir le conflit sociocognitif).

Sous-jacents à ces différentes représentations de la DI et de mises en situation des élèves, les savoir-faire clés suivants peuvent être systématiquement mobilisés : la formulation de questions, l'émission d'hypothèses, la recherche (par l'observation, par exemple), la déduction de concepts (l'interprétation) ou encore le transfert et le réinvestissement dans une situation nouvelle.

De ces concepts clés, nous proposons le modèle suivant (cf. Figure 2) qui est utilisé dans la suite de ce travail, lors de la démarche didactique expérimentée. Il s'agit d'une démarche idéalisée ; il n'est donc pas toujours évident de passer par chacune de ces étapes afin de faire vivre aux élèves une démarche la plus riche possible. Comme Cariou (2010) le propose, chaque DI créée peut être critiquée au regard d'une échelle d'authenticité[1] afin de prendre conscience du niveau de complexité atteint réellement au travers d'une démarche. Au-delà de la démarche d'investigation présentée comme une procédure à réaliser avec ses savoir-faire à mobiliser, nous pouvons également l'aborder en tant que posture, comme une pensée scientifique en écho à la pensée critique (Ticaud et Voland, 2023). Considérant cette posture, nous pouvons envisager que les savoir-faire et savoir-être y étant liés puissent s'entrainer à différents moments sans ordre déterminé et figé.

[1] Selon Cariou (2010, p. 63-64), C1 : problème représentant, pour les élèves, une énigme ; C2 : problème mobilisant les forces intellectuelles des élèves, pour être résolu à partir de leurs propositions ; C3 : hypothèse(s) venant d'élèves, traduisant leur vision, reflétant leurs conceptions ; C4 : discussion par les élèves de la recevabilité des hypothèses ; C5 : hypothèses retenues portant sur des faits encore inconnus, qui aideraient à résoudre le problème ; C6 : activité(s) préméditées, conçues, demandée(s) par les élèves qui suggèrent ou réclament des observations, des expériences, des documents montrant si..., afin d'éprouver leurs propres idées ; C7 : phase de discussion par les élèves de la pertinence des activités proposées : s'agit-il de conséquences testables déduites des hypothèses ? ; C8 : activités dont les résultats attendus apporteront des éléments nouveaux utiles à la résolution du problème ; C9 : phase de discussion entre élèves de leurs interprétations des résultats obtenus ; C10 : conclusions établies par les élèves, admises et généralisées sous le contrôle du professeur.

Figure 2. Modèle de la DI appliquée durant la recherche



La place de l'émission d'hypothèses revenant plusieurs fois dans le cadre du développement de la pensée critique chez des auteurs de référence (Paul el al., 1989 ; Ennis et al., 2005 ; Paul et Elder, 2008 ; Ennis, 2015) et occupant une place importante dans la DI et dans le dispositif didactique expérimenté, nous en proposons une analyse plus précise.

Nous soutenons l'assertion qu'une hypothèse est une supposition provisoire qui doit être vérifiable et vérifiée durant la phase de recherche (Daro et al., 2009). Une hypothèse est davantage qu'une prévision. À l'inverse, nous n'utilisons pas les nuances que Cariou (2007) propose entre hypothèse, moyen, supposition et anticipation, précisant que moyen, supposition et anticipation reposent sur des hypothèses sous-jacentes. En effet, le contexte scolaire belge ne se centre pas sur les nuances entre ces termes et les élèves (et enseignants) participant à la présente recherche n'y sont donc pas familiers. Nous nous fondons davantage sur les propos de Giordan (1999). Ce dernier précise qu'une proposition réalisée dans le cadre d'une démarche expérimentale que l'on met en suspens le temps de la vérifier, est une hypothèse. Les hypothèses formulées proviennent souvent de représentations initiales construites durant l'enfance et correspondent à « l'expression explicite des systèmes explicatifs sous-jacents qui ont orienté les actions de l'enfant lors des expériences-actions qui précèdent » (Daro et al., 2009, p. 13). Dans notre conception, et celle que l'on propose aux élèves de cette étude, l'hypothèse est une réponse, une explication supposée que l'élève propose, à partir de ses représentations initiales, qui doit être vérifiable et qui est vérifiée durant la phase de recherche. La démarche d'investigation se conclut par un retour sur les hypothèses formulées et leur confirmation ou non.

« Formuler des hypothèses est une tâche intellectuellement difficile […] il s'agira d'exprimer, a priori, les causes possibles et les différents facteurs qui entrent en jeu. Des capacités d'anticipation et d'abstraction sont nécessaires. » (Daro et al., 2009, p. 13) Pour aider les élèves dans cette étape, Daro et al. rappellent l'importance du rôle de l'enseignant pour aider à la formulation même ou pour en vérifier la pertinence au regard de la question de départ. Dans cette optique, les auteures précisent que les capacités entrainées tout au long de la scolarité sont d'une complexité graduelle et qu'il convient qu'il y ait une continuité dans la démarche d'investigation mise en œuvre tout en acceptant que les élèves acquièrent progressivement les capacités nécessaires à mener une démarche d'investigation complète et en autonomie.

L'essentiel à retenir

Notre dispositif centré sur le développement de la pensée critique s'inscrit dans un cadre épistémique du socioconstructivisme, comme théorie de l'apprentissage où les interactions entre pairs jouent un rôle central dans la régulation de la pensée. Le conflit sociocognitif y est essentiel, à condition de prendre en compte les représentations initiales des élèves, envisagées comme des stratégies cognitives contextuelles. Leur intégration dans les dispositifs didactiques, notamment en enseignement différencié, soutient l'évolution des apprentissages.

Dans ce processus, l'enseignant a un rôle déterminant : il conçoit des situations-problèmes génératrices de conflits cognitifs, choisit des expériences en lien avec les représentations ciblées et structure les interactions sociales qui en découlent. La méthode de recueil des représentations est également un enjeu méthodologique important.

La démarche d'investigation (DI), recommandée dans les programmes de sciences en Belgique francophone, s'inscrit pleinement dans ce cadre. Elle vise à rendre les élèves actifs

et autonomes dans la construction de leurs savoirs, tout en développant des compétences telles que la pensée critique, la créativité, l'initiative et la résolution de problèmes. Elle comprend des étapes clés comme la formulation d'hypothèses, la validation expérimentale, la modélisation et les débats argumentatifs.

3.2. Pensée critique

Maintenant que le contexte d'apprentissage est posé, c'est-à-dire l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation selon une approche épistémique du socioconstructivisme, nous pouvons définir le concept central de notre dispositif : la pensée critique et son développement.

Les définitions accordées au concept de pensée critique sont multiples et nuancées. Dans cette section, nous vous présentons les définitions proposées par différents auteurs, les savoirs, savoir-faire et savoir-être qui lui sont associés et les démarches préconisées pour développer la pensée critique. Nous terminons par la définition que nous avons construite dans le cadre de notre recherche.

3.2.1. Définitions

La pensée critique est un concept fondamental en éducation, souvent cité et largement discuté ; que ce soit au travers d'un dispositif didactique spécifique favorisant indirectement le développement de la pensée critique (Gremaud et al., 2022) ou encore un dispositif ciblant précisément son développement (Guyot-Rouge et Moyon, 2022). Les définitions de la pensée critique sont variées et peuvent prendre différentes nuances. Plusieurs auteurs se réfèrent au concept de pensée critique et le définissent en fonction de leur ancrage épistémologique. En relevant les différentes définitions de ce concept et les nuances apportées par chacun, nous proposons une définition en adéquation avec notre contexte, permettant de mieux comprendre les représentations des enseignants sur la pensée critique. Cette définition est construite progressivement et s'enrichit tout au long de la présentation du présent cadre théorique.

Le terme « pensée critique », que nous retenons dans cette thèse, est une traduction directe de *critical thinking*, utilisé dans la littérature anglophone. Toutefois, sa traduction fait l'objet de débats conceptuels et terminologiques. En France, Pasquinelli et Bronner (2021) privilégient le terme « esprit critique », tandis que Pallarès (2020) propose de distinguer l'esprit critique – entendu comme un ensemble de dispositions (attitudes, traits de personnalité, ouverture d'esprit) – de la pensée critique, définie comme l'expression de capacités cognitives mobilisées lors d'activités de raisonnement. Dans la même perspective, Bächtold (2021) distingue trois concepts :

- la vision critique, soit la représentation que l'on a des sciences ;
- l'esprit critique, renvoyant aux attitudes du penseur critique (curiosité, rigueur, prudence) ;

- la pensée critique, définie comme ensemble d'activités épistémiques et de compétences argumentatives et d'investigation.

Dans cette recherche, nous adoptons cette dernière distinction. Nous retenons le terme « pensée critique », en tant que compétence mobilisant des capacités, que sont les savoirs, les savoir-faire et les savoir-être (ou attitudes) ; et nous retenons le terme « esprit critique » en tant que disposition (traits de personnalité, ouverture d'esprit).

L'une des premières définitions systématiques de la pensée critique apparaît dans le *Delphi Report* coordonné par Facione (1990a), où elle est définie comme « un jugement volontaire et autorégulé qui aboutit à une interprétation, une analyse, une évaluation et une déduction, ainsi qu'à une explication des considérations probantes, conceptuelles, méthodologiques, critériologiques ou contextuelles sur lesquelles ce jugement est fondé[2] » (Traduction libre de Facione, 1990a, p. 3). Cette définition met l'accent sur la rigueur délibérée du raisonnement et son fondement dans des considérations probantes, méthodologiques ou conceptuelles. Les capacités sous-jacentes à la pensée critique qui y sont détaillées se retrouvent dans la démarche d'investigation mise en œuvre dans l'enseignement des sciences. Elle ancre la pensée critique dans un processus complexe de décision raisonnée, s'inscrivant dans une tradition philosophique du jugement rationnel. Bien que cette définition de la pensée critique soit fondamentale et reconnue par un grand nombre, vu le dispositif du *Delphi Report* conduisant à sa formalisation, nous soulignons qu'elle présente la pensée critique comme un jugement.

Lipman (2003) renforce cette perspective en considérant la pensée critique comme un processus menant à un jugement critique, tandis que Gagnon (2008) définit le jugement critique comme la capacité de « déterminer ce qu'il y a raisonnablement lieu de croire ou de faire dans un contexte donné » (Gagnon, 2008, p. 97). Villejoubert et Le Floch précisent que le jugement en psychologie sociale « renvoie aux évaluations, estimations ou prédictions que l'on peut faire à partir d'informations concernant une personne, un objet ou une situation » (Villejoubert et Le Floch, 2010, p. 189).

En rupture partielle avec la définition de Facione, Daniel et al. (2005) définissent la pensée critique comme un processus d'évaluation visant à supprimer des critères non pertinents pour améliorer une expérience. Pour réaliser ce processus, il convient de manifester « des attitudes et des habiletés cognitives reliées à la conceptualisation, à la transformation, à la catégorisation et à la correction » (Daniel et al., 2005, p. 138). Les auteurs catégorisent ces éléments comme relevant de la pensée logique, la pensée créatrice, la pensée responsable et la pensée métacognitive. Ils précisent que ce processus se déroule en collaboration avec les pairs, car c'est au cœur d'échanges dialogiques critiques que se développent ces attitudes et habiletés cognitives ; c'est alors qu'une nouvelle compréhension du phénomène apparait et qu'une modification des représentations initiales s'opère.

[2] « We understand critical thinking to be purposeful, self-regulatory judgment which results in interpretation, analysis, evaluation, and inference, as well as explanation of the evidential, conceptual, methodological, criteriological, or contextual considerations upon which that judgment is based. » (Facione, 1990a, p. 3)

Daniel et al. (2005) déterminent trois visions du développement de la pensée critique. Tout d'abord, la pensée critique peut être perçue comme un produit visant à contrôler l'environnement selon des normes prédéfinies. Elle prend généralement place dans un milieu compétitif. Nous relevons immédiatement que cette vision ne correspond pas au contexte scolaire belge dans lequel nous évoluons. Ensuite, la deuxième vision du développement de la pensée critique est la compréhension de l'environnement dans lequel nous vivons, mais où chaque interprétation peut être remise en question. La pensée critique y est une pratique régulière pouvant conduire à du relativisme. Enfin, la troisième vision proposée est le concept d'une pensée critique comme une praxis ; une praxis étant « une activité qui relie la réflexion et l'action » (Daniel et al., 2005, p. 16). Selon cette vision, le développement de la pensée critique conduit à l'émancipation et l'autonomie de l'élève. Elle nécessite la construction de savoirs, savoir-faire et savoir-être dans un contexte socioconstructiviste. Notre vision de la pensée critique s'inscrit pleinement dans cette troisième approche décrite par Daniel et al. (2005), sur laquelle repose également leur propre méthode.

Dans la continuité, Ennis (2005 ; 2015) définit la pensée critique comme « une pensée raisonnable et réflexive visant à décider de ce qu'il faut croire ou faire[3] » (Ennis, 2015, p. 1). La réflexivité est au cœur de ce processus. Paul et Elder (2008) y voient un outil d'analyse et d'amélioration de la pensée, à travers une autoévaluation critique du raisonnement. Ces perspectives partagent une orientation métacognitive, en lien direct avec le développement d'une pensée consciente de ses propres mécanismes.

Dans une optique éducative explicite, Gagnon (2010) en propose une définition opérationnelle :

> La pensée critique est une pratique évaluative fondée sur une démarche réflexive, autocritique, voire autocorrectrice impliquant le recours à différentes ressources (connaissances, habiletés de pensée, attitudes, personnes, informations, matériel) dans le but de déterminer ce qu'il y a raisonnablement lieu de croire (conceptions épistémologiques) ou de faire (interventions d'ordre méthodologique et éthique) en considérant attentivement les critères de choix et les diversités contextuelles (Gagnon, 2010, p. 468).

Dans leur méta-analyse, Abrami et al. (2008) définissent la pensée critique comme une « *ability* »[4], un terme souvent traduit par capacité. Raynal et Rieunier (2014), s'appuyant sur Meirieu et Roegiers, précisent que la capacité est une activité cognitive stabilisée (ex. : analyser, comparer, synthétiser), tandis que la compétence est l'articulation de plusieurs capacités dans un contexte déterminé. « Une compétence est un savoir identifié mettant en jeu une ou des capacités, dans un champ notionnel ou disciplinaire déterminé » (Meirieu cité dans Raynal et Rieunier, 2014, p. 124). Cette distinction est essentielle : la pensée critique, en contexte éducatif, ne se réduit pas à une capacité isolée, mais constitue bien une

[3] « Critical thinking is reasonable reflective thinking focused on deciding what to believe or do. » (Ennis, 2015, p. 1)

[4] « Critical thinking (CT), or the ability to engage in purposeful, self-regulatory judgment, is widely recognized as an essential skill for the knowledge age. » (Abrami et al., 2008, p. 1102)

compétence intégrée, reposant sur l'activation simultanée de savoirs, savoir-faire et savoir-être (attitudes).

Dans sa revue de la littérature, Lai (2011) note que les définitions convergent vers une vision de la pensée critique comme un processus cognitif reposant sur l'analyse d'arguments, l'inférence inductive ou déductive, l'évaluation de preuves, la résolution de problèmes et la prise de décisions raisonnées. La pensée critique s'aborde essentiellement dans trois domaines disciplinaires, orientant dès lors l'analyse spécifique du concept. Tout d'abord, elle peut être abordée en philosophie mettant l'accent sur les dispositions du penseur critique comme l'ouverture d'esprit ou la rigueur de raisonnement. Ensuite, elle prend place en psychologie où elle est analysée à partir de comportements observables et d'habiletés cognitives. Enfin, elle prend place dans le champ de l'éducation en se centrant sur les pratiques en milieu scolaire.

En 2015, Boisvert propose une synthèse de différentes définitions de la pensée critique en revenant aux fondamentaux. Emprunté à la pensée de Dewey, il soutient que la pensée critique est le fait de douter, de suspendre son jugement. Boisvert, en reprenant une analyse de Johnson (1992), retient trois éléments clés de la pensée critique : « la pensée critique fait appel à plusieurs habiletés de pensée […], la pensée critique requiert de l'information et des connaissances sur le sujet mis en examen […] et la pensée critique implique une dimension affective » (Boisvert, 2015, p. 6-7).

L'*American Psychological Association* (2018) en propose une définition qui nous intéresse particulièrement pour le lien qu'elle pose avec des capacités développées dans le cadre de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation. Selon l'*American Psychological Association*, la pensée critique vise à apporter des réponses à des problèmes spécifiques ; elle permet de tester des idées et des solutions, d'examiner la validité des hypothèses et d'interpréter la signification des résultats de recherche[5].

En accord avec la définition de l'*American Psychological Association*, dans un contexte français et belge, Bächtold (2021) et Romainville (2023) insistent sur la contextualisation : la pensée critique n'est pas générique, elle se développe dans des situations concrètes, avec des contenus spécifiques.

Au regard de l'ensemble de ces définitions, nous pouvons à présent porter des choix quant aux termes employés en nous basant sur le contexte spécifique de l'enseignement des sciences en Belgique francophone, décrit dans les documents de références édités par la Fédération Wallonie-Bruxelles (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2022) à laquelle revient la charge d'organiser l'enseignement.

Que ce soit dans le nouveau référentiel de sciences du tronc commun (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2022) ou dans l'ancien référentiel des Socles de Compétences (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2013), les savoirs et savoir-faire sont sous-jacents aux

[5] « Critical thinking is a form of directed problem-focused thinking in which the individual tests ideas or possible solutions for errors or drawbacks. It is essential to such activities as examining the validity of a hypothesis or interpreting the meaning of research results. » (American Psychological Association, 2018)

compétences et intimement liés à ces dernières. Le référentiel précise ceci : le savoir-faire s'entraine afin de prendre des habitudes de mise en œuvre. La compétence, quant à elle, « nécessite une analyse particulière et un traitement adapté d'une situation qui, pour être proche de situations (re)connues, n'en est pas moins différente » (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2022, p.10). Dès lors, au regard des termes employés par les auteurs évoqués précédemment et de la synthèse proposée par Raynal et Rieunier (2014), nous nous réapproprions les termes employés et les caractérisons dans le contexte scolaire belge.

La pensée critique y est vue comme une compétence. Pour l'activer, il convient de mettre en œuvre des savoir-faire, comparables aux capacités décrites par Meirieu ou Roegiers (cités dans Raynal et Rieunier, 2014). Notre étude se déroulant en contexte scolaire belge, nous considérons les définitions reprises dans le référentiel de sciences du tronc commun (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2022), lui-même citant les définitions issues du Code de l'enseignement fondamental et de l'enseignement secondaire (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2019).

- Savoir : fait ou ensemble de faits, définition, concept, théorie, modèle ou outil linguistique ;
- Savoir-faire : procédure, geste, technique, schéma de résolution, standardisé et automatisé par l'apprentissage et l'entrainement ;
- Compétence : aptitude à mettre en œuvre un ensemble organisé de savoirs, de savoir-faire et de savoir-être permettant d'accomplir un certain nombre de tâches

(Fédération Wallonie-Bruxelles, 2022, p. 10).

Dans leur synthèse, Raynal et Rieunier, utilisant notamment des propos de Le Boterf (2010), définissent la compétence comme

> une articulation routinière ou originale de ressources internes (savoirs, savoir-faire, attitudes, connaissances, savoir inventer) ou externes (réseaux personnels, bases de données, internet…), pour traiter efficacement une situation particulière appartenant à une famille de situations (Raynal et Rieunier, 2014, p. 140).

Au regard de ces définitions, nous retenons que la compétence est une articulation de ressources internes, de capacités (savoirs, savoir-faire et attitudes) et de ressources externes, afin de traiter efficacement une situation particulière dans un contexte donné.

La pensée critique, étant définie comme une compétence dans notre contexte, répond à cette définition. Les capacités relatives à la pensée critique se développent à l'école et en particulier, lors des cours de sciences. Reprenant la définition spécifique du savoir-faire proposée par la Fédération Wallonie-Bruxelles (2022) (cf. ci-dessus), nous relevons que la procédure, le geste du savoir-faire, repose sur un apprentissage et un entrainement permettant sa standardisation et son automatisation. Ainsi, le développement de la compétence de pensée critique passe par l'entrainement des capacités sous-jacentes en contexte scolaire (ou non) et en particulier, lors du cours de sciences (ou non).

Avant de porter davantage notre attention sur ces capacités sous-jacentes à la pensée critique, nous établissons une première approche de la pensée critique dans notre contexte d'étude. Nous la définissons comme une compétence mobilisant des capacités (savoirs, savoir-faire et savoir-être) dans un contexte socioconstructiviste afin de répondre à une problématique spécifique. Parmi ces capacités, nous soulignons déjà l'importance de celles rentrant dans l'élaboration de démarches métacognitives et mettant la réflexivité au cœur de la pensée critique.

3.2.2. Pensée critique et capacités

La pensée critique a fait l'objet de multiples définitions et conceptualisations au fil des décennies, selon des perspectives tantôt psycho-cognitives, tantôt pédagogiques ou épistémologiques. Nous retraçons ici l'évolution des principales conceptions, des plus anciennes aux plus récentes, en mettant en lumière les liens entre les auteurs et les implications didactiques et développementales de ces approches.

Les travaux de Paul et ses collaborateurs (1989) constituent l'une des premières tentatives structurées pour rendre la pensée critique concrètement exploitable dans le contexte éducatif. Les auteurs identifient 35 stratégies propres au penseur critique, regroupées en trois catégories :

- Les stratégies affectives, davantage en lien avec des dispositions du penseur critique (par exemple : « S-1[6] Penser de manière indépendante »),
- Les macro-capacités cognitives, telles que « S-15 Élaborer des critères d'évaluation »,
- Les micro-capacités cognitives, comme « S-30 Examiner ou évaluer des hypothèses ».

Les auteurs distinguent les macro-capacités (*macro-abilities*) et les micro-capacités (*micro-skills*). Selon les choix des termes posés précédemment, nous conservons le terme « capacités » pour traduire « *abilities* » et « *skills* ». Néanmoins, il est intéressant de relever la distinction qu'ils opèrent entre le macro et le micro. Selon eux, il ne s'agit pas d'établir une limite stricte entre l'un et l'autre, mais davantage d'aider les enseignants à aborder le développement de la pensée critique selon ces deux niveaux. La pensée critique nécessite la mise en œuvre de macro-capacités complexes et holistiques qui reposent elles-mêmes sur des micro-capacités pouvant être développées individuellement. Les micro-capacités ne sont pas une fin en soi et doivent être développées pour passer au niveau macro et atteindre le niveau réel. Le but de cette classification est de rendre la pensée critique intelligible et praticable pour les enseignants, notamment dans l'enseignement secondaire, à travers un ensemble de capacités transférables aux disciplines.

Dans la continuité des travaux de Paul et collaborateurs, Facione (1990a) approfondit la dimension cognitive de la pensée critique en proposant six compétences principales :

[6] Les numéros proviennent de la liste de stratégies établies par Paul et al. (1989)

l'interprétation, l'analyse, l'évaluation, l'inférence, l'explication et l'autorégulation, auxquelles il associe seize sous-compétences (par exemple, « catégoriser » ou « identifier des arguments »). Cette approche formalise davantage les processus mentaux impliqués et renforce l'idée que la pensée critique repose sur des capacités cognitives spécifiques activables et mesurables.

L'apport de Delors (1999), bien que plus général dans sa visée éducative, souligne que la pensée critique ne peut s'exercer sans connaissances préalables. Bien que menant ses recherches dans un champ autre que le socioconstructivisme, Bissonnette (2022) précise que, sans ancrage mnésique stable dans la mémoire à long terme, il devient impossible de relativiser ou d'examiner les informations de manière critique. Cette perspective établit un lien entre contenus disciplinaires et capacités critiques, prémisse d'un débat toujours actuel sur la transférabilité de la pensée critique.

Reprenant et précisant les travaux initiaux de Paul, Paul et Elder (2008) proposent une check-list de raisonnement en huit étapes : déterminer des objectifs, questionner, rechercher des informations, interpréter, développer des concepts, émettre des hypothèses, déterminer les conséquences, dégager des perspectives. Cette démarche, qui rappelle la démarche d'investigation scientifique, s'appuie sur des capacités cognitives clairement identifiables et potentiellement entrainables en contexte scolaire.

Lai (2011) ajoute que la pensée critique est étroitement liée à trois autres concepts : la métacognition, la motivation et la créativité. Elle souligne aussi la tension entre des approches qui conçoivent la pensée critique comme transversale et celles qui l'envisagent comme profondément ancrée dans des savoirs disciplinaires. Ces éléments renforcent l'idée que la pensée critique est complexe, dynamique et plurifactorielle. Gagnon synthétise clairement la tension qui réside dans une approche transversale de la pensée critique et néanmoins contextualisée.

> Dit autrement, qu'il soit possible d'exercer une compétence dite transversale à l'intérieur d'une grande variété de situations, lesquelles sont parfois fort différentes les unes des autres par les notions qu'elles convoquent ou encore les démarches qu'elles sollicitent, est une chose, mais par là nous ne sommes pas justifiés de soutenir que cette compétence, lorsque maitrisée dans un cadre spécifique (p.ex. un contexte disciplinaire donné) sera maitrisée dans tous les contextes par la même personne. De fait, pour s'exercer, une compétence transversale doit s'appuyer, notamment, sur une série de connaissances, d'habiletés et d'attitudes, dont plusieurs demeurent spécifiques aux domaines. De sorte que bien que bon nombre de composantes associées à une compétence transversale puissent être exprimées de manière générique ou transdisciplinaire, leurs mobilisations et combinaisons ne peuvent faire fi de la spécificité des situations dans lesquelles elles prennent forme. (Gagnon, 2012, p. 552)

De cette divergence découlent les différentes façons de développer la pensée critique, en contexte disciplinaire ou de façon décontextualisée où seule la logique formelle est mise en avant. Cette dernière façon de développer la pensée critique semble par ailleurs moins

efficace (Abrami et al., 2008). Lai (2011) note également que le transfert de la pensée critique développée dans un contexte ne semble pas spontané. Il nécessiterait une intervention explicite. Enfin, Lai précise que la pensée critique se développe à tous âges, mais en se focalisant sur des capacités critiques différentes.

Ennis (2015), dans une synthèse aboutie de ses travaux, distingue 12 dispositions (relevant davantage de l'esprit critique, selon la définition que l'on en accepte) et 18 capacités cognitives, telles que « observer et juger les rapports d'observation » ou « faire preuve de métacognition ». Il emploie les termes « *abilities* » et « *skills* », que nous traduisons ici par capacités, en cohérence avec notre propre cadre de référence. Parmi les capacités relevées par Ennis, nous retenons « Observer et juger les rapports d'observation » ou encore « Être conscient et vérifier la qualité de leur propre pensée (« métacognition ») ». En complément, l'outil d'évaluation créé par Ennis et ses collaborateurs (2005), le *Cornell Critical Thinking Test*, cible six dimensions de la pensée critique (six capacités clés) : l'induction, la déduction, l'observation, l'analyse de la crédibilité, l'émission et la critique d'hypothèses et l'analyse du sens.

Dans sa synthèse de 2015, Boisvert met également au cœur de la pensée critique l'activation simultanée d'attitudes et de capacités. Il insiste sur la nécessité de les entrainer ensemble pour développer efficacement la pensée critique en contexte éducatif. Cette approche intégrative met en évidence la proximité entre ces composantes et les savoirs, savoir-faire et savoir-être mobilisés dans les programmes scolaires.

Plus récemment, Barbier (2024) propose une typologie en deux approches : la pensée critique comme un ensemble de processus mentaux qui permettent la résolution de problèmes ou comme le niveau ultime de développement intellectuel. Face à cette dichotomie, nous proposons de trouver un juste milieu : considérer la pensée critique comme une compétence évolutive, qui s'exprime différemment selon les stades développementaux et qui requiert l'entrainement d'opérations mentales spécifiques. Il serait ainsi inapproprié de concevoir la pensée critique comme une capacité exclusive à l'âge adulte ou à des stades cognitifs avancés. Un enfant de huit ans, un adolescent ou un adulte ne mobilisent pas les mêmes outils mentaux, mais tous peuvent développer cette compétence selon leur niveau développemental et les situations d'apprentissage proposées.

En réunissant les différentes perspectives, il apparaît que la pensée critique est une compétence composite reposant sur :

- des connaissances ancrées, sans lesquelles elle ne peut s'exercer (Delors, 1999 ; Bissonnette, 2022),
- des capacités cognitives spécifiques, formalisées et entrainables (Paul et al., 1989 ; Facione, 1990a ; Ennis, 2015),
- des attitudes mentales favorables à l'exercice du jugement (Boisvert, 2015 ; Ennis, 2015),
- un ancrage contextuel, sans lequel la compétence reste inopérante (Lai, 2011 ; Gagnon, 2012).

Ainsi, la pensée critique doit être envisagée non comme un sommet du développement cognitif, mais comme une compétence évoluant progressivement, modulée par l'âge, les contextes d'apprentissage et la qualité des entrainements cognitifs proposés. Cette conception permet de mieux penser son intégration dans les dispositifs pédagogiques, en fonction des objectifs visés, des élèves et des disciplines concernées.

Avant d'aborder la suite des réflexions portant sur la pensée critique, nous continuons à construire notre définition de la pensée critique.

Nous rappelons donc que la pensée critique est une compétence mobilisant des capacités (savoirs, savoir-faire et savoir-être) dans un contexte socioconstructiviste afin de répondre à une problématique spécifique. Parmi ces capacités, nous soulignons déjà l'importance de celles rentrant dans l'élaboration de démarches métacognitives et mettant la réflexivité au cœur de la pensée critique. Nous ajoutons également que ces capacités peuvent prendre place dans une démarche comparable à la démarche d'investigation en sciences.

3.2.3. Pensée critique et démarches à mener

Lai (2011), dans une revue de littérature consacrée aux définitions et modalités de développement de la pensée critique, identifie plusieurs pratiques pédagogiques plus efficaces pour favoriser le développement de la pensée critique. Ces pratiques s'inscrivent dans une approche progressive et intégrative, en lien avec les recherches antérieures, notamment celles d'Abrami et al. (2008).

Premièrement, l'approche mixte, combinant une formation spécifique à la pensée critique avec un ancrage disciplinaire fort, se révèle particulièrement propice. Il ne s'agit pas de traiter la pensée critique de manière isolée, mais de l'inscrire dans des contenus d'apprentissage spécifiques, favorisant ainsi sa transposition dans des contextes variés.

Deuxièmement, l'enseignement explicite des capacités sous-jacentes à la pensée critique est considéré comme nécessaire. L'enseignant est invité à verbaliser à voix haute ses propres raisonnements, rendant visibles les processus cognitifs mobilisés. Ce modelage cognitif facilite l'appropriation des démarches par les élèves.

Troisièmement, l'approche socioconstructiviste est valorisée, notamment à travers la collaboration entre pairs, les discussions argumentatives et les échanges critiques. Ces interactions permettent de confronter des points de vue, d'examiner des hypothèses alternatives et de restructurer les représentations initiales. Le conflit d'idées est au cœur du débat et de l'argumentation. Daniel et al. (2005) proposent comme dispositif favorisant le développement de la pensée critique, le dialogue philosophique. Ces auteurs mettent l'accent sur le dialogue comme source de coopération, à l'inverse de l'argument qui est source de compétition. Néanmoins, Daniel et al. (2005) précisent que la situation-problème de départ doit créer un conflit cognitif chez l'élève et plus largement, un conflit sociocognitif dans la classe. Tout comme Rapanta (2023) le complète, lors de la résolution d'une situation-problème ayant plus d'une réponse possible, le principal moteur du conflit sociocognitif est la dimension collaborative.

Enfin, Lai (2011) souligne l'importance de contextualiser les activités de pensée critique, en les articulant à des problématiques concrètes. L'ancrage dans des situations authentiques favorise l'engagement cognitif des élèves et leur capacité à transférer les compétences critiques à d'autres contextes.

En accord avec ce que relève Lai, Paul et Elder (2008) proposent un outil didactique explicite : une « check-list pour raisonner » reposant sur huit étapes structurées. Cette démarche vise à guider l'apprenant dans le développement progressif de sa pensée critique, en l'amenant à analyser, formuler, investiguer et interpréter de manière rigoureuse.

1. Définir un objectif clair et réaliste : toute démarche critique débute par la clarification du but à atteindre.
2. Formuler une question centrale, éventuellement déclinée en sous-questions. Les auteurs distinguent ici les questions factuelles des questions d'opinion fondée sur des perspectives multiples.
3. Émettre des hypothèses qui orientent la réflexion et structurent la recherche.
4. Identifier les points de vue pertinents, y compris celui du sujet pensant. Cette reconnaissance de la pluralité des perspectives est essentielle à la posture critique.
5. Rechercher des informations en quantité suffisante, en veillant à leur clarté, leur exactitude et leur diversité. La contradiction entre sources est ici perçue comme une richesse plutôt qu'un obstacle.
6. Analyser les concepts sous-jacents à la problématique, afin d'en dégager les dimensions théoriques implicites.
7. Formuler des interprétations ou inférences à partir des données collectées. Cette étape permet de confirmer ou d'infirmer les hypothèses initiales.
8. Tirer des conclusions sur les apprentissages issus de la démarche, en les mettant en relation avec d'autres situations ou problématiques.

L'analyse de cette « check-list » met en évidence une forte proximité avec la démarche d'investigation en didactique des sciences (cf. 3.1. Socioconstructivisme et enseignement des sciences fondé sur l'investigation). Au regard de ce qui a été précédemment souligné lors de la discussion des capacités liées à la pensée critique, on constate que celles-ci se recoupent et peuvent être similaires à plusieurs niveaux. Outre des capacités propres au penseur critique (Paul et al., 1989 ; Ennis, 2015), les éléments de la pensée de Paul et Elder (2008) sont en lien avec les différentes étapes d'une DI. Nous retrouvons, dans ces deux démarches, l'importance de formuler une question, d'émettre des hypothèses, de mener une phase de recherche (que ce soit grâce à la réalisation d'une expérience ou l'analyse de documents), l'utilisation de modèles et concepts scientifiques, de structurer les données acquises (lors d'une phase d'interprétation ou de synthèse) et enfin, de transférer les nouvelles connaissances à d'autres contextes. Ces liens entre les deux démarches sont des arguments pour dire que, dans une situation spécifique, mener une DI nécessite la mise en œuvre d'une pensée critique afin de formuler une réponse raisonnée et réfléchie. À l'inverse, la pratique

d'une DI favorise le développement d'une pensée critique grâce aux capacités mobilisées. Par ailleurs, comme cela a été précédemment évoqué, les cinq capacités liées à la pensée critique évaluées dans le *Cornell Critical Thinking Test* (CCTT) niveau X (Ennis et al., 2005) se retrouvent dans ces conceptions de la démarche d'investigation. L'identification d'hypothèses dans le CCTT est une étape en soi de la DI. L'évaluation des observations et de la crédibilité d'un propos sont deux capacités du CCTT que l'on retrouve dans la phase de recherche de la DI, à travers des étapes comme « Expérimenter » ou « Consulter des documents et/ou des personnes ». La capacité d'induction dans le CCTT est davantage une orientation que l'on donne à la DI en favorisant une construction des apprentissages en passant du cadre particulier au cadre plus général (cette orientation de la DI est particulièrement bien adaptée avec les plus jeunes élèves). La dernière capacité évaluée dans le CCTT est la déduction. Cette dernière se retrouve également comme orientation de la DI lorsque la démarche est hypothético-déductive et davantage adaptée à des élèves plus grands. Ainsi, au regard de ces éléments, nous relevons déjà que le CCTT peut être une évaluation qui rencontre les capacités entrainées durant la réalisation d'une DI et qui peut alors avoir du sens pour évaluer la pensée critique dans notre contexte.

Cette convergence entre une démarche de pensée critique et la démarche d'investigation en sciences ouvre des perspectives prometteuses pour articuler pensée critique et pratiques scientifiques en classe. En ciblant ces éléments, nous établissons des liens entre une démarche soutenant le développement d'une pensée critique et une approche socioconstructiviste, ainsi que l'importance du conflit sociocognitif. La démarche d'investigation en sciences répond à l'ensemble de ces éléments (Boilevin et al., 2012). En vivant une démarche d'investigation en sciences, les élèves sont amenés à construire leurs connaissances. L'enseignant propose des situations didactiques conduisant les élèves à un conflit. Ce conflit peut être vis-à-vis d'une représentation première (par exemple, une situation contrintuitive déstabilise l'élève, car il se rend compte que sa prévision est erronée), mais également entre les idées des élèves (conflit sociocognitif) cherchant à résoudre la problématique posée. C'est en discutant, en expérimentant et en interprétant leurs résultats qu'ils arrivent à construire ensemble de nouvelles connaissances.

Nous soutenons que l'usage raisonné d'une démarche d'investigation, comme celle proposée par Paul et Elder, peut favoriser l'activation de processus critiques. En particulier, dans l'enseignement des sciences, elle constitue un cadre opératoire utile pour initier les élèves à la rigueur argumentative, à l'examen des données, et à la formulation de jugements fondés. De plus, l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, intégrant une phase de recueil de représentations, permet aux élèves de développer des capacités et attitudes sous-jacentes à la pensée critique.

Ce dernier élément vient enrichir également notre définition de la pensée critique présentée comme un processus (compétence mobilisant des capacités (savoirs, savoir-faire et savoir-être)) permettant de résoudre des problèmes contextualisés et fondé sur des connaissances spécifiques en mettant en œuvre des capacités telles que la formulation de questions, l'émission d'hypothèses ou encore l'interprétation (intégrées dans la démarche d'investigation en sciences). Parmi ces capacités, nous soulignons déjà l'importance de celles

rentrant dans l'élaboration de démarches métacognitives et mettant la réflexivité au cœur de la pensée critique. Ce processus est enrichi dans un contexte socioconstructiviste.

L'essentiel à retenir

Au regard des différentes définitions de la pensée critique, nous retenons que la pensée critique est un processus permettant de résoudre des problèmes contextualisés et fondé sur des connaissances spécifiques, et dans lequel des capacités sous-jacentes à celles-ci dans un contexte socioconstructiviste sont mises en œuvre, dont la formulation de questions, l'émission d'hypothèses et l'interprétation (intégrées dans la démarche d'investigation en sciences). Parmi ces capacités, nous soulignons déjà l'importance de celles rentrant dans l'élaboration de démarches métacognitives et mettant la réflexivité au cœur de la pensée critique.

Nous posons le choix de décrire la pensée critique comme une compétence structurée par des capacités que sont les savoirs, savoir-faire et savoir-être.

Un recoupement clair apparaît entre les étapes de la DI et les dimensions de la pensée critique, telles qu'évaluées par le *Cornell Critical Thinking Test* (CCTT). Ce lien renforce la pertinence de la DI comme levier structurant pour développer la pensée critique dans l'enseignement de sciences.

L'évolution des recherches pédagogiques et didactiques depuis les années 2000 montre une tendance claire : le développement de la pensée critique nécessite un enseignement explicite (verbalisation claire) des démarches cognitives réalisées par l'enseignant et par l'élève, contextualisé et centré sur la collaboration entre pairs et les discussions argumentatives (approche socioconstructiviste).

3.3. Métacognition

Notre cadre socioconstructiviste posé, la démarche d'investigation au centre de notre dispositif détaillée et la pensée critique définie et délimitée dans sa complexité, nous nous focalisons à présent sur un concept que l'on intègre dans notre dispositif pour son lien fort avec la pensée critique : la métacognition.

La métacognition est aujourd'hui reconnue comme un processus mental fondamental pour le développement de l'autonomie et de l'autorégulation des apprentissages. Scott (2015) souligne qu'elle fait partie des habiletés indispensables à cultiver au XXI^{e} siècle, en raison de son rôle central dans la gestion des apprentissages complexes et dans le développement de l'indépendance intellectuelle.

Le concept de métacognition a été initialement introduit par John Flavell (1976), qui la définit comme « la connaissance que nous avons de nos propres processus cognitifs, de leurs produits, et de tout ce qui touche aux propriétés pertinentes pour l'apprentissage » (cité dans Allix et al., 2022, p. 3). Cette définition pose les bases d'une compréhension introspective de

la cognition, mais reste relativement générale. Schraw (1998) propose une vision plus opérationnelle en décrivant la métacognition comme un phénomène multidimensionnel impliquant à la fois des connaissances métacognitives et des capacités de régulation, toutes deux susceptibles d'être développées à travers des stratégies pédagogiques explicites. Noël (1997), quant à elle, insiste sur l'aspect réflexif de la métacognition, qu'elle définit comme

> un processus mental dont l'objet est soit une activité cognitive, soit un ensemble d'activités cognitives que le sujet vient d'effectuer ou est en train d'effectuer, soit un produit mental de ces activités cognitives. La métacognition peut aboutir à un jugement (habituellement non exprimé) sur la qualité des activités mentales en question ou de leur produit et éventuellement à une décision de modifier l'activité cognitive, son produit ou même la situation qui l'a suscitée. (Noël, 1997, p. 19)

Efklides (2008) insiste sur le fait que la métacognition est un concept multifacette qui peut être étudié sous différents angles et apporter des réponses variées en fonction des contextes.

Ainsi, Pallascio et al. (2004) proposent de distinguer la métacognition de la pensée métacognitive. La pensée métacognitive correspond à la conscience réflexive de ses pensées et de leur interaction avec celles d'autrui. La métacognition, quant à elle, désigne un regard porté sur ses démarches cognitives en situation d'apprentissage, impliquant trois composantes clés :

- Les connaissances métacognitives : elles concernent la connaissance de soi en tant qu'apprenant, des tâches à accomplir et des stratégies adéquates à mettre en œuvre. Elles sont enrichies par des expériences antérieures et des comparaisons avec les pratiques d'autrui.
- La gestion de l'activité mentale : elle inclut la planification, le contrôle et la régulation ; elle permet de piloter sa démarche cognitive en temps réel, bien qu'elle soit plus difficile à verbaliser, car elle repose sur une conscience en acte du processus.
- La prise de conscience des processus cognitifs : la prise de conscience de ses processus mentaux favorise leur explicitation et, par conséquent, une amélioration des échanges avec autrui dans une perspective d'apprentissage partagé.

L'individu métacognitif se caractérise donc par sa capacité à analyser ses propres façons d'apprendre, à ajuster ses stratégies et à transférer ses compétences vers de nouvelles situations. Ce processus le rend apte à développer des compétences transversales telles que la résolution de problèmes, la construction de méthodes de travail efficaces ou encore l'usage d'une pensée critique rigoureuse.

Veenman et Spaans (2005) ainsi que Frenkel et Déforge (2014) distinguent les compétences métacognitives et les connaissances métacognitives. Les connaissances métacognitives font référence à la capacité d'identifier et de verbaliser ce que l'individu connait de lui-même et de ses interactions avec la tâche à accomplir. Ils les classent en trois catégories : les connaissances sur la personne, la tâche ou la stratégie. Les compétences

métacognitives font, quant à elles, référence aux procédures à mettre en œuvre pour réaliser la tâche ainsi que la régulation qui en découle, comme l'analyse, la planification ou encore la vérification de la tâche. Schraw et Moshman (1995) précisent encore que la régulation des processus cognitifs doit notamment porter sur la prise de décision concernant l'utilisation de certaines stratégies cognitives.

Romainville (2007) apporte une autre nuance à la métacognition. Il relève que la pause métacognitive peut être porteuse de sens et permet de « susciter chez l'élève une conceptualisation de son action » (Romainville, 2007, p. 122). Il propose que la pause soit structurée en trois temps : l'explicitation, l'analyse et l'abstraction. Il rappelle également que cette démarche doit faire l'objet d'une médiation de l'enseignant ou des pairs permettant de comprendre davantage la démarche menée. Il suggère de qualifier cette discussion de « conflit socio-métacognitif ».

Une démarche métacognitive, ou une pause métacognitive, peut être mise en œuvre à différents moments d'une tâche (Colognesi et Van Nieuwenhoven, 2016) :

- De façon proactive : l'orientation et la planification, compétences métacognitives liées à l'anticipation, sont cruciales avant d'entamer une tâche. L'orientation vise à déterminer les buts à atteindre, la planification vise à analyser les exigences et les stratégies à mettre en œuvre.
- De façon interactive : pendant la réalisation de la tâche, la vérification permet de détecter les erreurs et écarts par rapport au plan initial, tandis que la régulation, ou monitoring, consiste à observer et ajuster sa démarche en cours d'action. Ces compétences impliquent explicitation, décentration, auto-questionnement et régulation.
- De façon interactive et rétroactive : l'évaluation et l'autorégulation permettent de faire le point sur une tâche, en analysant l'objectif, les processus, les stratégies et les habiletés, et en identifiant les points forts et faibles pour améliorer le processus, a posteriori.

Cette temporalité permet une intégration souple de la métacognition dans divers dispositifs pédagogiques, notamment dans les démarches actives telles que la démarche d'investigation en sciences. Une démarche métacognitive peut ainsi se traduire au travers d'actions métacognitives différentes. Par exemple, selon Noël et Cartier (2016), ces actions peuvent être d'émettre un jugement métacognitif (poser la question : As-tu compris ? Pourrais-tu faire… tel exercice, résoudre un cas précis… ?) ou de faire décrire une stratégie mise en œuvre pour atteindre un objectif (comme la résolution d'un exercice) ou encore de faire justifier la stratégie mise en œuvre.

La proximité conceptuelle entre métacognition et autorégulation est soulignée dans la littérature (Allix et al., 2023 ; Cartier et al., 2024). Bien que parfois utilisés de manière interchangeable, ces deux termes présentent des spécificités. Nous choisissons de nuancer ces deux termes de la façon suivante. « L'autorégulation se définit comme la capacité à contrôler et à réguler volontairement ses émotions, sa motivation, ses comportements et ses

activités cognitives dans un but défini en fonction des contraintes extérieures » (Allix et al., 2023, p. 3). L'autorégulation repose ainsi sur des aspects émotionnels, comportementaux, motivationnels, contextuels et cognitifs (Allix et al., 2023 ; Barbier et al., 2024) ; la métacognition se retrouve dans cet aspect cognitif de l'autorégulation.

Nous proposons, comme autre regard, celui des sciences cognitives. En effet, nous y mobilisons l'inhibition comme microprocessus favorisant la pensée critique (cf. 3.4. Contrôle inhibiteur) et la métacognition peut également y être décrite. Dès lors, dans le champ des sciences cognitives, la métacognition désigne l'ensemble des processus, pratiques et connaissances qui permettent à un individu de superviser, d'évaluer et d'ajuster ses propres activités mentales, autrement dit de les réguler (Houdé et Borst, 2022). Ces activités cognitives recouvrent tout ce qui est mobilisé lorsqu'un individu réfléchit. La majeure partie de notre vie mentale consiste à tenter de comprendre, d'identifier, d'apprendre, de résoudre des problèmes ou de se remémorer des informations et c'est précisément la métacognition qui intervient pour orienter et moduler ces efforts. Houdé et Borst (2022) expliquent que la métacognition joue un rôle clé dans

- l'évaluation prédictive : anticipation des ressources cognitives nécessaires à une tâche ;
- l'évaluation rétrospective : vérification de l'efficacité des stratégies employées.

L'apprentissage doit accorder une place centrale à l'expérience vécue par l'élève en tant qu'acteur de son propre apprentissage. Il s'agit de trouver un équilibre entre, d'une part, l'enseignement explicite des stratégies cognitives et métacognitives et d'autre part, les processus de régulation plus implicites qui émergent naturellement au cours de la réalisation de la tâche (Schwarz, 2023). Dans cette dynamique, le rôle de l'enseignant est celui d'un médiateur, accompagnant et soutenant l'activité cognitive de l'élève.

3.3.1. Métacognition et pensée critique

La compréhension de la métacognition ne peut être complète sans sa mise en relation avec la pensée critique, tant les deux concepts sont interdépendants. En effet, la pensée critique est régulièrement décrite comme une compétence intellectuelle mobilisant des opérations cognitives complexes, parmi lesquelles la métacognition occupe une place centrale.

Facione (1990a), dans sa définition de la pensée critique, intègre explicitement la notion d'autorégulation, entendue comme la capacité à surveiller, évaluer et ajuster son propre raisonnement. Cette dimension autoréflexive engage une prise de recul sur sa propre pensée, rejoignant ainsi les processus métacognitifs, sans toutefois s'y réduire complètement.

Halpern (1998) va plus loin en considérant la pensée critique comme une démarche analytique et évaluative, impliquant la reconnaissance des biais, l'évaluation des sources et la formulation d'arguments rigoureux – toutes ces activités étant à forte dimension métacognitive.

Dans son essai fondé sur de précédentes recherches, Kuhn (1999) met en avant la métacognition comme « compétence intellectuelle » à favoriser dans l'enseignement pour permettre le développement d'une pensée critique chez les élèves. Son propos va encore plus loin en soutenant que la pensée critique est de la métacognition. Barbier (2024) résume la pensée de Kuhn structurée autour de trois formes de métacognition et favorisant la pensée critique : les connaissances métacognitives (avoir conscience de ses propres raisonnements), les connaissances métastratégiques (porter un regard sur les stratégies employées et les évaluer) et les métaconnaissances (concevoir les savoirs). Kuhn affirme que penser de manière critique suppose non seulement, de raisonner, mais aussi de prendre conscience de son propre raisonnement. Cette dimension métacognitive favorise chez les élèves la prise de conscience de leurs processus cognitifs, l'évaluation de la qualité de leurs arguments, l'identification de leurs biais cognitifs et l'évolution de leurs représentations à la lumière de nouvelles preuves et données. Au-delà de l'approche personnelle, Kuhn suggère que pour croiser les avis des uns et des autres et établir un consensus, une démarche réflexive est nécessaire.

Cette articulation entre métacognition et pensée critique est également mise en évidence par Pallascio et al. (2004). Ils proposent de comparer l'individu métacognitif et le penseur critique afin d'établir des liens entre ces deux approches. Tout d'abord, l'individu métacognitif doit apprendre à faire preuve de métacognition ; il passe par différents stades. Dès lors qu'il peut se décrire comme un individu métacognitif, cela signifie qu'il maitrise les différentes composantes de la métacognition. Au travers de ces composantes, l'individu doit être capable de mettre en œuvre des tâches comme l'évaluation de la difficulté ou l'évaluation des stratégies de résolution à appliquer, la planification, etc. Pallascio et al. précisent que ces tâches reprises sous le terme de « compétences d'analyse » favorisent la construction de compétences transversales telles que la pensée critique. Ensuite, les auteurs tentent de relever les caractéristiques du penseur critique. En se basant sur l'approche d'Ennis, ils relèvent que ce dernier relève des tâches métacognitives dans ses dispositions et capacités du penseur critique. Ils soulignent notamment la recherche de raisons ou encore la nécessité d'être bien informé. Pallascio et al. relèvent également la place de la métacognition pour définir directement la pensée critique, comme dans la définition proposée par le Collège Alverno (1993), « la pensée critique doit être définie « comme une approche de la connaissance et de la vie qui combine un engagement à l'égard des opérations intellectuelles à une ferme volonté de critiquer ces opérations mêmes » » (Collège Alverno cité dans Pallascio et al., 2004, p. 111). Ainsi, les différentes conceptions de la pensée critique relevées mobilisent des tâches relevant de la métacognition.

Fischer, Spiker et Riedel (2009) indiquent également que la mise en œuvre de la métacognition constitue un indicateur de compétence critique.

La convergence entre ces deux concepts est également soulignée dans les travaux Ku et Ho (2010b), mais également ceux de Gagnon (2010). Ce dernier, dans sa définition opérationnelle de la pensée critique, place la démarche métacognitive au premier plan en employant les termes « pratique évaluative fondée sur une démarche réflexive, autocritique voire autocorrectrice ».

> La pensée critique est une pratique évaluative fondée sur une démarche réflexive, autocritique, voire auto correctrice impliquant le recours à différentes ressources (connaissances, habiletés de pensée, attitudes, personnes, informations, matériel) dans le but de déterminer ce qu'il y a raisonnablement lieu de croire (conceptions épistémologiques) ou de faire (interventions d'ordre méthodologique et éthique) en considérant attentivement les critères de choix et les diversités contextuelles. (Gagnon, 2010, p. 468)

Develay (2013), quant à lui, focalise son propos sur le lien entre le socioconstructivisme et la métacognition. La collaboration qui peut se développer en classe autour d'un conflit sociocognitif, favorise le développement de la métacognition. Develay précise que, pour résoudre une situation-problème, les élèves doivent coopérer autour d'un conflit sociocognitif. Les élèves ne peuvent ni simplement accepter l'idée de l'autre inconditionnellement, ni la rejeter sous prétexte d'une incompétence. Ils doivent permettre à chacun de proposer sa vision pour créer une réponse commune. Cette démarche nécessite une véritable décentration liée à la métacognition. En ce sens, la coopération en contexte socioconstructiviste favorise la métacognition.

Ennis (2015) le confirme en intégrant explicitement la métacognition comme l'une des capacités clés du penseur critique.

Fahim et Eslamdoost (2014) prolongent cette réflexion en affirmant que le développement de la pensée critique dans le contexte scolaire est indissociable de la métacognition. Cette idée est corroborée par le rapport de Pasquinelli et Bronner (2021) du Conseil scientifique de l'éducation nationale (CSEN), qui reconnaît la métacognition comme un levier clé pour l'éducation à la pensée critique. Bien que les recherches sur cette articulation restent encore limitées, l'intégration explicite de la métacognition dans les apprentissages montre des effets bénéfiques avérés, justifiant sa place dans les dispositifs de formation à l'esprit critique. Dans une annexe au rapport, le CSEN (2022) qualifie même la métacognition de « critère constitutif de l'exercice de l'esprit critique » (à comprendre comme la pensée critique selon nos définitions), en soulignant notamment son rôle dans l'évaluation de la fiabilité des données et la gestion de l'incertitude.

Enfin, Rapanta (2023), dans la continuité de Develay (2013), met en évidence le lien positif entre une approche socioconstructiviste et le développement de la métacognition autour d'une capacité sous-jacente à la pensée critique : le dialogue argumentatif. Rapanta (2023) relève que les recherches indiquent que plus les jeunes participent à des interactions argumentatives orientées vers un objectif, plus ils développent des connaissances métastratégiques concernant les normes régissant une argumentation de qualité. Ce type d'échange semble favoriser le développement de la capacité à réguler sa propre pensée. Simultanément, cette compétence métacognitive apparaît comme une condition préalable, même à un niveau élémentaire, à l'engagement dans une véritable argumentation interpersonnelle. Rapanta relève que ce paradoxe selon lequel la compétence nécessaire à l'argumentation se construit justement à travers celle-ci est fréquemment mis en évidence dans les théories socioconstructivistes de l'apprentissage.

L'ensemble des approches étudiées convergent vers une idée essentielle : devenir un penseur critique implique une forte compétence métacognitive. L'individu doit être capable d'analyser, d'évaluer et de réguler ses processus de pensée et ce, dans une dynamique réflexive et évolutive. En retour, l'exercice de la pensée critique renforce ces mêmes compétences. Dès lors, la métacognition peut être envisagée comme un macroprocessus au service de la pensée critique, intégrant des savoirs, des savoir-faire et des attitudes propices à la prise de décision raisonnée. Ce lien justifie la mise en place de dispositifs pédagogiques intégrés qui encouragent simultanément la réflexivité cognitive et l'engagement argumentatif, en particulier dans des contextes collaboratifs ou expérimentaux.

L'essentiel à retenir

Nous retenons que la métacognition est un processus mental permettant à un individu d'identifier son propre fonctionnement cognitif, mais également de mettre en œuvre des stratégies spécifiques pour réaliser une tâche dans le but d'en améliorer le résultat. En ce sens, l'adoption d'une démarche métacognitive par l'élève favorise la mise en œuvre d'une pensée critique. Dans cette perspective, nous envisageons la mise en place de pauses métacognitives proactives, pensées comme des moments délibérés de recul permettant aux élèves d'évaluer leurs représentations initiales afin de porter une réflexion plus nourrie sur la production attendue.

De nombreux auteurs explicitent clairement que la métacognition constitue une capacité du penseur critique. Faire vivre une démarche métacognitive consiste donc à encourager les élèves à prendre conscience de leurs processus de pensée, à les évaluer et à les réguler. Dans notre étude, nous considérons la métacognition comme un macroprocessus cognitif pour faire preuve de pensée critique.

En activant des stratégies cognitives appropriées, les élèves sont en mesure de formuler des réponses plus réfléchies et de prendre de meilleures décisions. La métacognition les invite également à s'interroger sur la qualité des informations à leur disposition, sur les sources qu'ils utilisent, ainsi que sur la pertinence et la validité des arguments mobilisés. Ces différents éléments mettent en lumière les liens étroits entre le développement de la pensée critique et l'activation d'une démarche métacognitive.

Notre définition de la pensée critique est améliorée au regard des liens établis avec la métacognition.

Ainsi, la pensée critique est un processus (compétence mobilisant des capacités (savoirs, savoir-faire et savoir-être)) permettant de résoudre des problèmes contextualisés et fondé sur des connaissances spécifiques en mettant en œuvre des capacités telles que la formulation de questions, l'émission d'hypothèses ou encore l'interprétation (intégrées dans la démarche d'investigation en sciences). Parmi ces capacités clés, celles relevant d'une dimension métacognitive favorisent la prise de conscience de ses propres processus cognitifs, l'évaluation de la qualité de ses propres arguments, l'identification de ses propres biais cognitifs ou encore l'évolution de ses propres représentations. Ce processus est enrichi dans un contexte socioconstructiviste.

3.4. Contrôle inhibiteur

Après avoir abordé la métacognition comme macroprocessus pouvant favoriser le développement de la pensée critique dans notre dispositif, nous abordons un dernier concept abordé comme un microprocessus dans notre dispositif favorisant le développement de la pensée critique : le contrôle inhibiteur.

Avec ce quatrième élément de notre cadre théorique, nous nous tournons vers les sciences cognitives et leurs apports pour l'éducation. Les sciences cognitives regroupent plusieurs champs de recherche allant de certaines branches de la psychologie à celles de l'intelligence artificielle, en passant par les neurosciences ou la philosophie (Chamak, 2018). Quels que soient ces champs, ils ont comme point commun d'aborder la « cognition », en termes de connaissances et de pensée. Les sciences cognitives sont à ce titre comparables à une « métadiscipline » (Raynal et Rieunier, 2014). Dans l'archipel des disciplines formant les sciences cognitives, la psychologie cognitive s'intéresse notamment à des domaines en lien avec l'éducation comme la mémoire, la résolution de problèmes ou encore l'apprentissage. Dans cette section, nous nous focalisons sur une fonction exécutive particulière : le contrôle inhibiteur ou l'inhibition. Après avoir décrit ces concepts, le contrôle inhibiteur est présenté dans les liens qui peuvent être établis avec les représentations en sciences, la métacognition et la pensée critique.

3.4.1. Fonctions exécutives

Selon Houdé et Borst (2022), les fonctions exécutives désignent l'ensemble des processus mentaux de haut niveau qui entrent en jeu lorsque nos automatismes, nos intuitions, nos réflexes ou encore notre instinct s'avèrent insuffisants pour atteindre les objectifs visés. Ces fonctions sont donc particulièrement sollicitées dans des situations qui exigent un contrôle cognitif volontaire et une régulation consciente de nos actions. Le cortex préfrontal est impliqué dans les différents mécanismes des fonctions exécutives, que ce soit la mémoire de travail, l'inhibition ou la flexibilité cognitive.

Les fonctions exécutives interviennent dans bon nombre de tâches que chacun réalise au quotidien, mais également que les élèves réalisent à l'école. Par exemple, lors de la lecture d'un texte et de son analyse, l'actualisation en mémoire de travail intervient selon des niveaux variables, en fonction de l'objectif à atteindre (Potocki et al., 2023). Sans en avoir conscience, nous activons nos fonctions exécutives régulièrement et dans des situations très variées.

Dans l'étude de Miyake et al. (2000), les trois fonctions exécutives (la mémoire de travail, la flexibilité cognitive et l'inhibition) sont décrites comme modérément corrélées entre elles, mais également distinctes les unes des autres. Ainsi, elles sont conjointement activées pour réaliser des tâches complexes. Il est important d'en avoir conscience dans toute leur complexité pour qu'elles puissent être mises en œuvre de concert. Elles sont également à distinguer les unes des autres, car leurs interventions à différents niveaux d'une tâche peuvent être développées séparément. Selon ce principe, il existe des tests qui évaluent spécifiquement chaque fonction exécutive. Nous pouvons citer par exemple le test de Stroop

(Stroop, 1935), l'épreuve de *n-back* (Kirchner, 1958) ou le *Wisconsin Card Sorting Task* (Buchsbaum et al., 2005).

Dans leur synthèse de 2012, Miyake et Friedman (2012) mettent en avant les différences d'activation des fonctions exécutives qui existent entre les individus. Ils décrivent également une forme de persistance à l'activation des fonctions exécutives depuis la petite enfance. Néanmoins, ils soulignent l'importance de leur développement et de leur entrainement durant l'enfance et l'adolescence.

Selon Collins et Koechlin (2012), les fonctions exécutives jouent un rôle central dans le développement de capacités cognitives de haut niveau, telles que la planification, la résolution de problèmes et le raisonnement — capacités mobilisées tant dans la vie quotidienne qu'à l'école. Le raisonnement, en particulier, étant un élément fondamental de la pensée critique, il apparaît dès lors que l'entrainement des fonctions exécutives constitue un levier essentiel pour favoriser son développement. Cela soulève la question cruciale du contexte d'entrainement et de la possibilité de transférer ces compétences dans d'autres situations. Par ailleurs, dans la mesure où les fonctions exécutives sont sollicitées dans de nombreuses tâches scolaires – de l'analyse de texte à la résolution de problèmes mathématiques – leur prise en compte explicite dans les pratiques pédagogiques mérite une attention particulière. Si ces fonctions sont naturellement mobilisées dans diverses activités d'apprentissage, il peut néanmoins être pertinent de prévoir des moments d'entrainement ciblés, à travers des exercices ou des jeux conçus spécifiquement pour soutenir leur développement. Une telle démarche pourrait contribuer à renforcer leur efficacité et à en favoriser le transfert dans des contextes variés. Judd et Klingberg (2021) apportent des preuves à un transfert possible en montrant que l'entrainement spatial, en particulier lorsqu'il cible la manipulation ou le maintien d'informations spatiales, peut améliorer la performance en mathématiques chez les enfants, via un renforcement conjoint du raisonnement spatial et verbal. En sciences, au premier degré de l'enseignement secondaire, Vanhoolandt (2023) montre que l'entrainement neurocognitif NeuroCog 100, utilisé dans son étude, a permis de mettre en évidence un transfert des effets positifs d'un entrainement ciblé sur le contrôle inhibiteur vers une tâche scolaire en sciences, dans laquelle l'implication du contrôle inhibiteur a été démontrée.

Comme précisé précédemment, les fonctions exécutives sont au nombre de trois : la mémoire de travail, la flexibilité cognitive et l'inhibition. Il n'existe pas d'ordre privilégié pour présenter ces fonctions exécutives. Le choix posé dans ce cas est de les présenter succinctement pour arriver à celle qui occupe une place importante dans ce travail : l'inhibition.

Tout d'abord, « la mémoire de travail permet de maintenir activement des informations et de les manipuler pendant quelques dizaines de secondes pour atteindre un but défini a priori » (Houdé et Borst, 2022, p.313-314). Cette mémoire de travail peut être de plusieurs sortes en fonction de la tâche à accomplir. Typiquement, elle est utilisée pour trier des informations et les relier entre elles afin de résoudre un problème donné. Houdé et Borst (2022) soulignent qu'il est difficile d'opérer une distinction nette entre la mémoire de travail

et l'inhibition, dans la mesure où cette dernière intervient presque toujours sur des informations qui sont simultanément maintenues et traitées de manière active en mémoire de travail. Le développement des capacités de mémoire de travail dépend étroitement de l'acquisition de stratégies permettant de maintenir les informations à retenir, telles que la répétition verbale, ainsi que du développement du contrôle inhibiteur, essentiel pour gérer les interférences durant la phase de maintien en mémoire. Au regard de ces éléments, on imagine sans peine comment cette fonction exécutive prend place au cœur des apprentissages réalisés à l'école. Ainsi, relevons ces exemples parmi tant d'autres : lors de l'écoute de consignes, de la lecture d'un texte ou encore d'un exercice de géométrie nécessitant de relier des points entre eux.

Ensuite, la flexibilité cognitive est

> la capacité à s'adapter aux changements dans notre environnement, qu'il s'agisse de changer de stratégie, d'adopter une perspective différente sur un problème ou plus généralement de chercher d'autres manières de raisonner et de penser. […] Elle repose donc sur [la mémoire de travail et l'inhibition] car être flexible nécessite, à minima, de maintenir plusieurs informations ou règles en mémoire de travail et d'inhiber l'une pour activer l'autre au cas par cas. (Houdé et Borst, 2022, p. 316-317)

Houdé et Borst (2022) notent que la flexibilité cognitive évolue avec le temps. S'il est difficile pour le jeune enfant de changer de règle en cours d'exercice, cette tâche est davantage réalisable chez les enfants de 7-9 ans. Bien que cette démarche soit pleinement acquise à l'âge adulte, cette dernière reste coûteuse pour le cerveau.

Enfin, l'inhibition ou le contrôle inhibiteur est le mécanisme qui « nous permet de nous adapter aux changements dans notre environnement et d'exercer notre libre arbitre » (Houdé et Borst, 2022, p. 308). Le contrôle inhibiteur agit au niveau du traitement de l'information, mais également sur différents types d'informations. « Il opère comme un signal « stop » qui permet à notre organisme d'attendre avant d'agir, de prendre une décision ou de donner une réponse. » (Houdé et Borst, 2022, p. 309) Le test du *Go/NoGo* ou encore le test de Stroop permettent son évaluation. La tâche de gratification différée, le test du Marshmallow, en est un autre exemple. Le contrôle inhibiteur est également sollicité lorsqu'il s'agit d'écarter des stratégies très automatisées, rapides et peu coûteuses sur le plan cognitif – comme les heuristiques – qui, bien qu'efficaces dans de nombreux cas, ne garantissent pas toujours une réponse correcte. Il faut alors activer une stratégie plus lente et exigeante cognitivement, mais fiable, telle qu'un algorithme exact. Ce recours aux fonctions exécutives représente un coût important pour le cerveau, ce qui explique notre propension à privilégier spontanément les routines et automatismes cognitivement économiques, même dans des situations où ils ne sont pas appropriés.

Dans un contexte neurodidactique, Potvin (2018) décrit que, pour obtenir une valeur du contrôle inhibiteur de l'élève, il convient de mesurer le temps s'écoulant entre le stimulus (le mot en couleur qui apparait à l'écran) et la réponse apportée. Ce temps est le temps de réponse. Pour garantir un score précis relatif au contrôle inhibiteur, il convient de pouvoir

calculer un taux de réponses exactes. Vandierendonck (2021) relève plusieurs mesures intégrées de vitesse-précision. Le RCS (*Rate Correct Score*), le taux de réponses correctes, dont la paternité est attribuée à Woltz et Was (2006), bien qu'ils n'emploient pas strictement ces termes dans leur article, est une valeur qui répond à cette situation. Le RCS est le rapport entre le nombre de réponses correctes et la somme de tous les temps de réponse. Au-delà du calcul de ce score, Potvin (2018) précise que le stimulus doit être le plus simple possible afin que le traitement de son information en tant que telle ne soit pas déjà une source d'allongement du temps de réponse. La familiarité du sujet doit être grande pour l'élève. Ce stimulus doit être répété ; les stimuli doivent alors être équivalents entre eux. Enfin, pour obtenir le score le plus révélateur, il convient qu'il soit la moyenne d'un grand nombre de stimuli et d'un grand nombre d'élèves. Le test de Stroop répond à l'ensemble de ces exigences.

Le lien entre les fonctions exécutives et les apprentissages scolaires mérite une attention particulière. Selon Houdé et Borst (2022), Piaget concevait le développement cognitif comme un processus linéaire, synchrone et cumulatif, reposant notamment sur la capacité croissante de la mémoire de travail à coordonner un nombre toujours plus important de processus mentaux au fil du temps. Toutefois, cette conception est aujourd'hui nuancée : le développement cognitif apparaît en réalité moins synchrone et davantage dynamique qu'il n'y parait. Des erreurs systématiques peuvent ainsi survenir dans des contextes où les individus, quel que soit leur âge, privilégient une stratégie heuristique – rapide et intuitive – alors qu'une démarche algorithmique, plus rigoureuse, serait requise. La capacité à inhiber une heuristique pour activer un algorithme exact constitue dès lors un mécanisme central pour surmonter ces erreurs récurrentes dans divers domaines cognitifs, et joue un rôle fondamental dans le développement cognitif. Par ailleurs, l'inhibition est également essentielle dans le développement des compétences socio-émotionnelles, notamment pour adopter le point de vue d'autrui. Cela implique de suspendre temporairement sa propre perspective afin d'envisager celle de l'autre, comme l'ont montré Aïte et al. (2016). En contexte expérimental avec 49 enfants de 10 ans et 52 adultes de 22 ans, ces auteurs ont mis en évidence le lien significatif entre la capacité à adopter une perspective à la troisième personne en inhibant sa perspective à la première personne et leur score au test de Stroop (comme mesure de l'inhibition). Dans cette perspective, l'inhibition ne consiste pas à rejeter une réponse nécessairement erronée. Elle vise plutôt à freiner une réponse spontanée ou trop rapide afin d'obliger l'individu à mobiliser ses représentations premières, les examiner de manière réflexive, et potentiellement les remettre en question. Ce processus semble donc fondamental à plusieurs niveaux. Nous relevons son intérêt dans les apprentissages scolaires en contexte socioconstructiviste. Lors d'un conflit sociocognitif, l'inhibition favoriserait l'activation de réponses plus construites mais serait également une aide à adopter le point de vue des autres élèves engagés dans la coopération autour du conflit sociocognitif. In fine, l'inhibition favoriserait les apprentissages dans ce contexte. Au regard de notre intérêt sur le développement de la pensée critique, l'inhibition serait le microprocessus nécessaire pour favoriser la mise à distance d'une information, l'analyse de plusieurs arguments et la construction d'une réponse plus réfléchie.

Au-delà de ces considérations, Diamond (2012 ; 2013b) relève l'importance de favoriser l'engagement des élèves et leur motivation pour développer leurs fonctions exécutives. Elle soutient que cet engagement est favorisé par les curricula scolaires. Au-delà des curricula donnant l'opportunité de développer une telle motivation chez les élèves en leur permettant de s'épanouir dans des disciplines variées, nous pensons que l'enseignant en classe peut favoriser cela en créant des séquences d'apprentissage adéquates.

3.4.2. Contrôle inhibiteur et représentations en sciences

L'enseignement des sciences se heurte fréquemment à la persistance de conceptions erronées chez les élèves, lesquelles continuent d'influencer leur compréhension des phénomènes scientifiques.

Dans leur recherche de 2015, Brault Foisy et al. (2015) s'intéressent au rôle de l'inhibition dans le processus de changement conceptuel en sciences, en particulier face à la persistance de conceptions naïves ou alternatives chez les étudiants. Les auteurs défendent l'idée que l'apprentissage scientifique ne repose pas uniquement sur l'acquisition de nouvelles connaissances, mais exige également la capacité à inhiber activement des connaissances préalables erronées. Cette perspective s'inscrit dans un cadre neurocognitif, selon lequel la résistance à des intuitions trompeuses mobilise l'inhibition comme fonction cognitive. Pour étayer leur propos, les auteurs ont mené une étude expérimentale exploitant l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle afin d'observer l'activité cérébrale de novices et d'experts en sciences en contexte universitaire au Québec (29 étudiants) durant une tâche cognitive en mécanique (physique), un domaine connu pour la robustesse des idées fausses qu'il suscite. Les résultats révèlent que, comparativement aux novices, les experts activent davantage des régions cérébrales impliquées dans l'inhibition, notamment le cortex préfrontal ventrolatéral droit et le cortex préfrontal dorsolatéral gauche. Ces observations suggèrent que, chez les experts en mécanique, les conceptions erronées n'ont pas été éliminées, mais subsistent en mémoire et sont activement inhibées au moment de produire une réponse correcte. Les auteurs concluent que le développement du contrôle inhibiteur constitue un levier fondamental pour favoriser l'apprentissage scientifique, en particulier lorsqu'il implique de dépasser des conceptions erronées enracinées.

> Le contrôle inhibiteur semble donc particulièrement intéressant au regard du processus d'apprentissage, notamment en ce qui a trait à la persistance des conceptions intuitives des élèves, car il permettrait ainsi de surmonter des réponses qui sont surapprises afin de pouvoir sélectionner une autre réponse. (Brault Foisy et al., 2025, p. 64)

Willame et Snauwaert (2018) confortent cette proposition avec les résultats de leur étude en chimie. Dans leur dispositif centré sur le conflit cognitif et l'entrainement du contrôle inhibiteur et réalisé avec 150 élèves entre 15 et 17 ans en Belgique francophone, ils montrent qu'un changement de prévalence conceptuelle semble se réaliser suite au conflit cognitif (en

accord avec le modèle de prévalence conceptuelle de Potvin (2013)) ; ce changement est d'autant plus grand lorsque les élèves favorisent une intégration de l'inhibition.

Au regard de ces éléments, l'inhibition apparait comme une fonction exécutive essentielle dans l'enseignement des sciences et en particulier, pour refréner une représentation initiale naïve et proposer une représentation plus construite et fondée sur des connaissances nouvellement acquises.

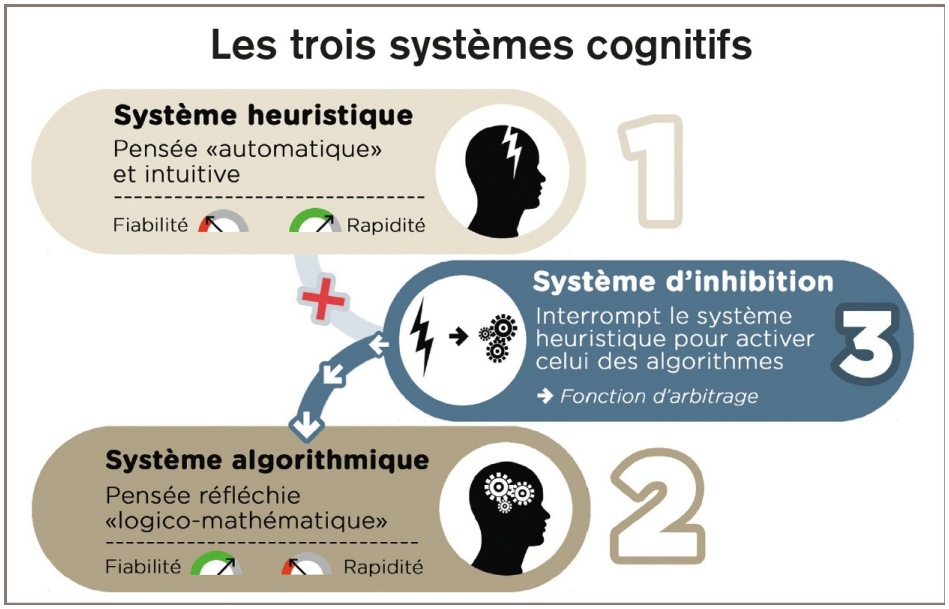
3.4.3. Contrôle inhibiteur : microprocessus favorable à la métacognition et à la pensée critique

Parmi les processus cognitifs que l'on met en œuvre lors de la résolution de tâches, nous activons des fonctions exécutives (Hessels-Schlatter et al., 2021), dont le contrôle inhibiteur. Selon Perret (2003), le contrôle inhibiteur (inhibition) est « la suspension d'une réponse dominante dans les situations familières, permettant ainsi d'envisager des réponses alternatives » (Perret, 2003, p. 10). Les deux systèmes de l'esprit de Kahneman (2012), reprenant des termes de Stanovich et West, nous offre un contexte d'activation du contrôle inhibiteur.

> Le système 1 fonctionne automatiquement et rapidement, avec peu ou pas d'effort et aucune sensation de contrôle délibéré.
> Le système 2 accorde de l'attention aux activités mentales contraignantes qui le nécessitent, y compris des calculs complexes. Le système 2 est souvent associé à l'expérience subjective de l'action, du choix et de la concentration. (Kahneman, 2012, p.33)

De façon comparable au glissement du système 1 vers le système 2, l'activation du contrôle inhibiteur permet de mettre à distance une réponse rapide, mais peu fiable et de produire une réponse moins rapide, mais plus réfléchie (cf. Figure 3). « Le développement cognitif ne repose pas exclusivement sur l'acquisition de connaissances de complexité croissante comme le défendait Piaget (1983) ; il repose plutôt aussi sur la capacité des enfants à inhiber les apprentissages antérieurs. » (Borst et al., 2012, p. 1373)

Figure 3. Les trois systèmes cognitifs (Houdé, 2019a)



Portant une attention particulière à la métacognition, nous proposons de la mettre en lien avec cette fonction exécutive spécifique. En effet, durant une démarche métacognitive, nous proposons que la première étape consiste à suspendre son action et donc à activer le contrôle inhibiteur.

> Dans le cerveau de chaque enfant ou adulte, des heuristiques très rapides et intuitives ou biais cognitifs (Système 1, D. Kahneman) et des règles logiques ou algorithmes dits « exacts » (Système 2, J. Piaget) peuvent entrer en compétition à tout moment. C'est ce qu'on appelle des « conflits cognitifs ». Pour dépasser ces conflits, l'adaptation de l'ensemble du cerveau, c'est-à-dire l'intelligence ou la flexibilité, dépend de la capacité de contrôle exécutif du cortex préfrontal (Système 3) – en lien avec les émotions et les sentiments – à inhiber le Système 1 et à activer le Système 2, au cas par cas, selon le contexte. Inhiber, c'est apprendre à résister. C'est utile tant pour les enfants que pour les adultes, car ces derniers restent encore de mauvais raisonneurs dans beaucoup de situations où leur Système 1 domine, souvent inconsciemment. (Houdé, 2019b, pp. 93-95)

Houdé poursuit en précisant que, pour mettre en œuvre une pensée critique, il convient de stimuler l'inhibition à vouloir apporter une réponse heuristique, afin d'apporter une réponse algorithmique. La lenteur de réponse est alors le temps nécessaire pour activer les compétences métacognitives abordées précédemment pour produire cette réponse plus réfléchie. Ces éléments appuient également le propos d'Ennis (2015) rappelant qu'une disposition du penseur critique est de suspendre son jugement lorsque les preuves et les raisons sont insuffisantes.

Fischer, Spiker et Riedel (2009) soulignent que le « système 2 » est indispensable pour activer des processus métacognitifs. Comme l'indiquent Moutier et al. (2006), les erreurs dans le raisonnement déductif ne sont pas uniquement dues à un manque de logique, mais peuvent être liées à l'incapacité d'inhiber des biais cognitifs, notamment les représentations initiales. Ce constat rejoint la définition de la pensée critique par Halpern (2008), qui met en évidence l'importance de détecter ces biais. Une démarche métacognitive efficace repose sur l'usage du contrôle inhibiteur pour réduire ces biais.

Dans leur étude, Aïte et al. (2016) examinent la relation entre la capacité à adopter une perspective à la troisième personne et le rôle du contrôle inhibiteur chez les enfants et les adultes. Leurs résultats suggèrent que les adultes sont plus efficaces que les enfants dans l'inhibition d'une perspective à la première personne, ce qui explique leur meilleure capacité à adopter une perspective à la troisième personne. De plus, les performances à cette tâche étaient corrélées aux scores des participants au test de Stroop, confirmant le rôle de l'inhibition dans la prise de perspective. Au travers de ces résultats, nous retenons que le développement du contrôle inhibiteur contribue à l'amélioration des capacités de prise de perspective de l'enfance à l'âge adulte. Cette prise de distance et cette décentration font partie des attitudes nécessaires à la mise en œuvre d'une pensée critique.

En insistant sur la nécessité de suspendre son jugement afin de faire preuve de pensée critique (Boisvert, 2015), on comprend l'importance centrale du contrôle inhibiteur dans ce processus. Ainsi, dans un contexte de pensée critique, le contrôle inhibiteur permet aux élèves de mettre en pause leurs jugements impulsifs pour adopter une réflexion plus réfléchie, analytique et objective face aux idées, arguments ou informations. Borst et al. (2012, p. 1367) soulignent d'ailleurs que « le développement cognitif ne repose pas uniquement sur l'acquisition de connaissances de plus en plus complexes, comme le soutenait Piaget (1983), mais aussi sur la capacité des enfants à inhiber les apprentissages antérieurs ». En ce sens, le contrôle inhibiteur favorise non seulement la pensée critique, mais soutient aussi les apprentissages des élèves dans une perspective socioconstructiviste, renforçant ainsi le rôle clé de la métacognition dans l'apprentissage.

Nous soutenons qu'entrainer le contrôle inhibiteur revient à exercer un microprocessus cognitif. Il s'agit précisément de ce moment bref où l'on suspend une réponse automatique avant d'engager une autre activité cognitive. Ainsi, le contrôle inhibiteur peut être envisagé comme un microprocessus – une opération cognitive rapide, mais essentielle dans la régulation de la pensée. À l'inverse, la pause métacognitive, ou plus largement la démarche métacognitive, relèverait d'un macroprocessus cognitif. En effet, ce type de réflexion engage une activité mentale plus soutenue, impliquant la mobilisation coordonnée de plusieurs activités cognitives : l'évocation des représentations initiales, leur mise en relation avec la question ou la problématique traitée, leur expression et leur verbalisation, ainsi qu'un retour critique sur ces mêmes représentations dans une visée de transformation. C'est précisément ce qui est à l'œuvre dans une pause métacognitive. Dans cette perspective, nous proposons de considérer la pause métacognitive comme un macroprocessus, tandis que la mise en alerte initiale proprement dite, par sa brièveté et sa fonction régulatrice, relèverait davantage du microprocessus. Le contrôle inhibiteur se retrouve dans les dispositions du penseur critique

d'Ennis (2015). Il propose la disposition suivante : « S'abstenir de statuer lorsque les preuves et les motifs sont insuffisants » (Ennis, 2015, section *General critical thinking dispositions*). Au travers de cet élément de la théorie d'Ennis, nous retrouvons l'importance du contrôle inhibiteur en les termes « s'abstenir de statuer ». Nous soutenons qu'il peut donc être considéré comme une composante à part entière de la pensée critique.

L'essentiel à retenir

Les fonctions exécutives regroupent des processus mentaux de haut niveau mobilisés lorsque les automatismes ou intuitions sont insuffisants pour atteindre un objectif. Il s'agit de la mémoire de travail, la flexibilité cognitive et l'inhibition. Ces fonctions sont sollicitées dans de nombreuses tâches scolaires, ce qui justifie leur intégration explicite dans les pratiques pédagogiques, notamment à travers des entrainements ciblés.

Parmi elles, le contrôle inhibiteur joue un rôle clé. Il agit comme un signal d'arrêt permettant de suspendre une réponse spontanée, d'écarter des stratégies automatisées (heuristiques) et de favoriser des réponses plus lentes mais plus fiables (algorithmiques). Ce processus, exigeant sur le plan cognitif, explique notre tendance à privilégier les routines économiques, même inadaptées.

Dans le contexte scolaire, l'inhibition est essentielle pour dépasser des conceptions intuitives erronées ou des réponses surapprises. Le développement cognitif repose ainsi non seulement sur l'acquisition de nouvelles connaissances, mais aussi sur la capacité à inhiber les précédentes. Travailler cette capacité serait fondamental pour mettre en œuvre une pensée critique.

Ce lien entre inhibition et pensée critique est renforcé par la métacognition : suspendre une réponse intuitive (système 1) permet d'activer une réflexion plus approfondie (système 2), condition nécessaire à la régulation des biais cognitifs. Les erreurs de raisonnement ne relèvent donc pas seulement d'un défaut de logique, mais aussi d'une inhibition insuffisante.

En ce sens, entrainer le contrôle inhibiteur en veillant à l'engagement des élèves dans cette démarche revient à exercer un microprocessus cognitif : un moment bref mais déterminant où une réponse automatique est bloquée, ouvrant la voie à une pensée plus réfléchie et régulée.

3.5. Modèle du dispositif

Maintenant que l'ensemble des concepts mobilisés est présenté, nous sommes capable de présenter une modélisation de leur imbrication (cf. Figure 4). Oscillant entre un cadre socioconstructiviste et cognitiviste, les liens établis entre l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, la métacognition et le contrôle inhibiteur concourent au développement d'une compétence de pensée critique.

Nous retenons de Bruner (2000) et Jonnaert (2009) que la théorie socioconstructiviste propose que chaque élève, et plus largement chaque être humain, construise ses propres connaissances dans un contexte d'apprentissage. Cette construction de connaissances est un processus complexe mobilisant diverses activités mentales visant le croisement des données pour établir une connaissance propre. Par son approche sociale, cette théorie met l'accent sur le rôle majeur des interactions sociales dans le processus de construction, que ce soit avec d'autres élèves ou avec l'enseignant.

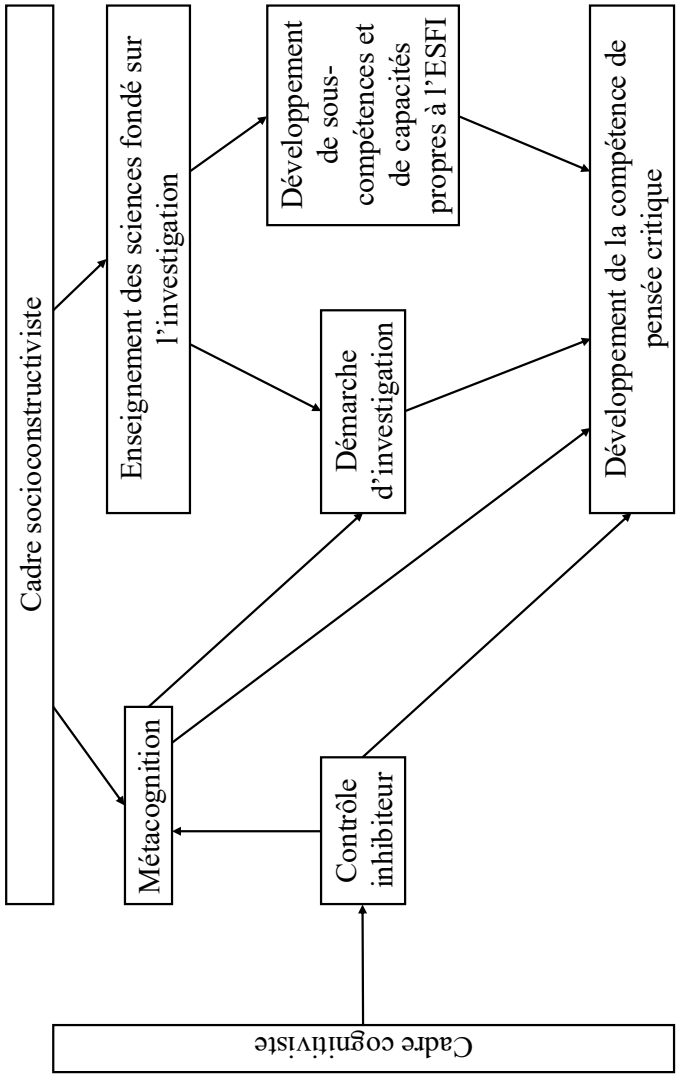
Dans ce contexte, la démarche d'investigation, centrale en didactique des sciences, est définie comme une méthode privilégiant l'activité et l'autonomie des élèves pour leur permettre de s'approprier les savoirs scientifiques par eux-mêmes (Venturini et Tiberghien, 2012). L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, quant à lui, met l'accent sur la transposition didactique en présentant la DI comme une démarche d'enseignement des sciences entretenant des rapports avec les démarches scientifiques. L'ESFI contribue à rendre l'apprentissage plus actif et plus motivant en proposant aux élèves des tâches plus ouvertes qui leur laissent davantage d'autonomie (Boilevin, 2013a ; Calmettes, 2012) et en multipliant les situations qui permettent d'exercer des savoir-faire tels que se questionner, émettre des hypothèses, rechercher avec méthode et rigueur, argumenter et communiquer avec ses pairs.

Pour enrichir ce contexte, nous nous intéressons à la métacognition et au contrôle inhibiteur. Tout d'abord, la métacognition est présentée comme un concept multifacette (Efklides, 2008), nous acceptons de ne l'aborder que sous un angle correspondant à notre contexte d'enseignement et nous retenons qu'elle est un processus mental (Noël, 1997) au cours duquel nous analysons nos propres façons d'apprendre, ajustons nos stratégies et transférons nos compétences vers de nouvelles situations (Pallascio et al., 2004). Il peut être mis en œuvre à différents moments d'une tâche (Colognesi et Van Nieuwenhoven, 2016). Ensuite, le contrôle inhibiteur est une fonction exécutive pouvant être comprise comme « le mécanisme qui opère comme un signal « stop » qui permet à notre organisme d'attendre avant d'agir, de prendre une décision ou de donner une réponse. » (Houdé et Borst, 2022, p.309) Le contrôle inhibiteur semble particulièrement pertinent dans le contexte de l'enseignement des sciences; il permet de réfréner une représentation initiale naïve afin de proposer une meilleure représentation plus construite. Dans le contexte du développement d'une pensée critique, il est envisagé comme le mécanisme permettant de suspendre une réponse automatique avant d'engager une autre activité cognitive.

Enfin, la pensée critique est un processus (compétence mobilisant des capacités (savoirs, savoir-faire et savoir-être)) permettant de résoudre des problèmes contextualisés; il est fondé sur des connaissances spécifiques et met en œuvre des capacités telles que la formulation de

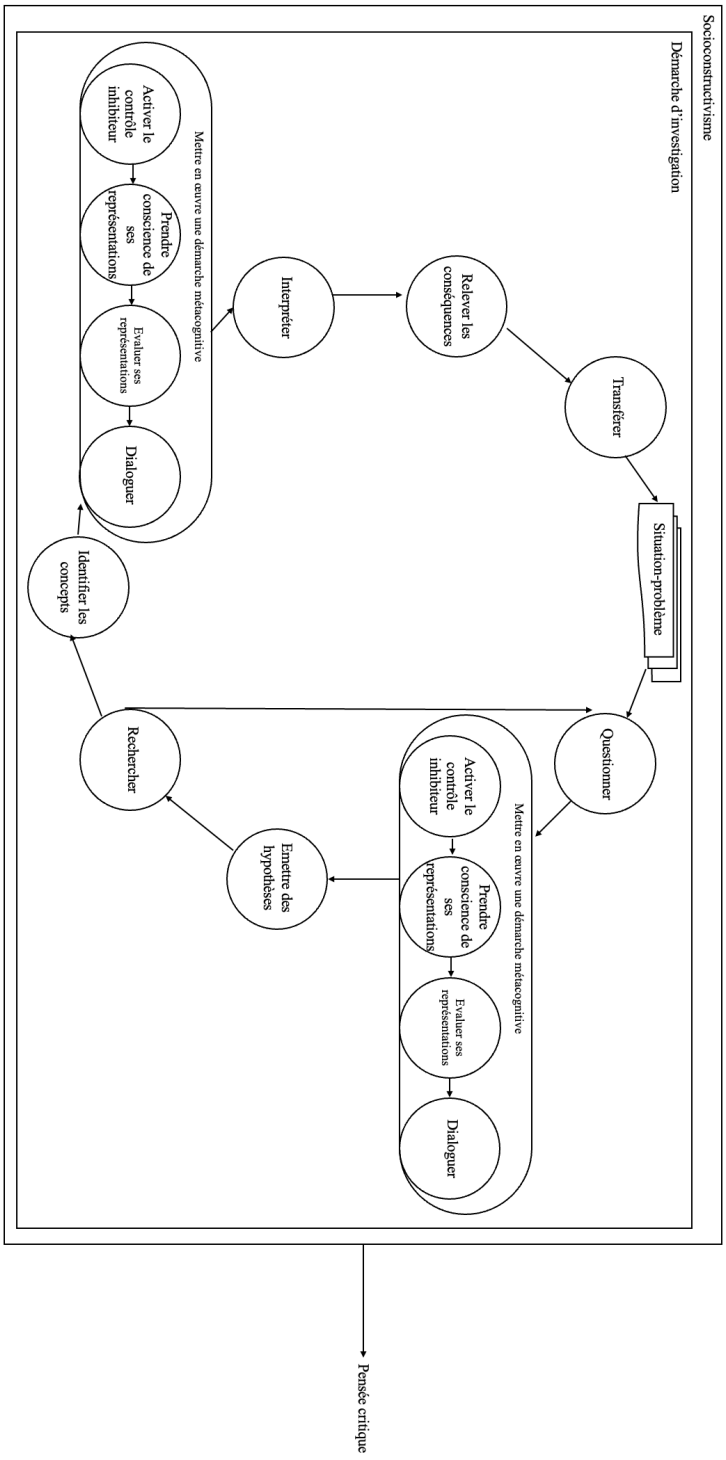
questions, l'émission d'hypothèses ou encore l'interprétation, capacités intégrées dans la démarche d'investigation en sciences. Parmi ces capacités clés, celles relevant d'une dimension métacognitive favorisent la prise de conscience de ses propres processus cognitifs, l'évaluation de la qualité de ses propres arguments, l'identification de ses propres biais cognitifs ou encore l'évolution de ses propres représentations. Ce processus est enrichi dans un contexte socioconstructiviste.

Figure 4. Modèle de l'imbrication des concepts



Cette première modélisation posée, nous proposons alors un modèle opératoire des liens entre ces différents concepts pour structurer le dispositif didactique qui est mis en place durant l'expérimentation (cf. Figure 5).

Figure 5. Modèle opératoire du dispositif



L'objectif de notre dispositif est de favoriser le développement de la pensée critique des élèves de 14-15 ans dans les cours de sciences en contexte scolaire belge francophone. Afin qu'il puisse être une source de nouvelles connaissances sur le développement de la pensée critique en contexte scolaire, mais également une aide pour les enseignants à favoriser cela, il répond aux normes des prescrits scolaires tout en proposant des réflexions innovantes. Ainsi, notre dispositif repose sur le socioconstructivisme comme processus d'apprentissage. Les interactions sociales, en particulier entre pairs, jouent un rôle déterminant dans la régulation de la pensée et de l'argumentation. Ce cadre mobilise également la métacognition, qui permet aux élèves de prendre conscience de leurs processus cognitifs, de les évaluer et de les réguler. À travers les dialogues, les conflits sociocognitifs et les prises de recul, les élèves développent ainsi des raisonnements plus élaborés.

Dans ce cadre épistémique, nous proposons comme élément fondamental de la didactique des sciences : la démarche d'investigation. Cette démarche est présentée comme un idéal et abordée de multiples façons dans l'enseignement des sciences. Elle est envisagée comme la colonne vertébrale de notre dispositif. Cette démarche d'investigation, recommandée dans les programmes de sciences en Belgique francophone, vise à rendre les élèves actifs et autonomes dans la construction de leurs savoirs, tout en développant des compétences telles que la pensée critique, la créativité, l'initiative et la résolution de problèmes. Elle comprend des étapes clés comme la formulation d'hypothèses, la validation expérimentale, la modélisation et les débats argumentatifs, en écho direct aux capacités du penseur critique. De cette façon, ces capacités développées durant la démarche d'investigation favorisent le développement de la compétence supérieure de pensée critique. Dans notre contexte (l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation), nous tendons vers une démarche d'investigation idéale et complète mais nous avons conscience qu'il n'est pas possible de mettre en œuvre une telle démarche à tout instant. Dans cette perspective, la pensée critique est envisagée comme un processus visant à résoudre des problèmes contextualisés, mobilisant des connaissances spécifiques et des capacités propres au penseur critique : formuler des questions, émettre des hypothèses, interpréter des données. Ces capacités, que nous structurons en savoirs, savoir-faire et savoir-être, sont pleinement intégrées dans la démarche d'investigation en sciences. Celle-ci favorise l'autonomie, la créativité, la résolution de problèmes et s'aligne avec les composantes évaluées par le *Cornell Critical Thinking Test* (CCTT). La convergence entre les étapes de la démarche d'investigation et celles de la pensée critique renforce la pertinence de ce cadre dans l'enseignement scientifique.

La métacognition, pensée comme un macroprocessus cognitif, est mobilisée à travers des pauses métacognitives proactives qui offrent aux élèves des moments de recul pour évaluer leurs conceptions et ajuster leurs stratégies. Ce processus favorise une réflexion sur la validité des informations, la qualité des sources et la pertinence des arguments.

Le lien entre pensée critique et fonctions exécutives, en particulier le contrôle inhibiteur, apparaît fondamental. Ce dernier, pensé comme un microprocessus dans la pause métacognitive, permet de suspendre une réponse automatique (système 1) afin de mobiliser une réponse plus réfléchie, en activant le système de pensée lent (système 2). Il est essentiel

pour dépasser des représentations intuitives erronées ou surapprises et constitue, en ce sens, un microprocessus cognitif clé pour favoriser la pensée critique.

Dans l'ensemble du dispositif, l'enseignant joue un rôle central. Il conçoit les situations-problèmes en tenant compte des représentations initiales des élèves, choisit les expériences appropriées et structure les échanges nécessaires à l'émergence d'un véritable conflit sociocognitif. L'intégration de ces représentations, perçues comme des stratégies contextuelles et non figées, permet une pédagogie différenciée et plus efficace. L'enseignant initie les pauses métacognitives et pose des questions spécifiques aux élèves pour favoriser leur verbalisation et leur argumentation. Il favorise l'engagement des élèves en créant des séquences d'apprentissage motivantes afin que ces derniers entrainent efficacement leur contrôle inhibiteur.

Chapitre 4

Méthodologie générale

Présentation globale des outils utilisés

Afin de répondre à la question de recherche « Comment la mise en œuvre de pauses métacognitives et d'un entrainement du contrôle inhibiteur influence-t-elle l'évolution de la pensée critique développée dans le cadre de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation ? », notre développons une méthodologie reposant sur trois études. L'étude 1 porte sur la description des représentations qu'ont des enseignants à propos de la pensée critique et repose sur une analyse quantitative des données. Les études 2 et 3 reposent sur une méthode mixte et visent à mesurer l'effet du dispositif créé sur le développement de la pensée critique.

Ce chapitre présente globalement les trois études et les outils utilisés dans chacune d'elles. Les méthodologies précises de chaque étude sont présentées préalablement aux résultats dans le chapitre 5.

4. Méthodologie générale

Présentation globale des outils utilisés

La problématique établie et le cadre théorique défini, nous abordons ici la question de recherche, que nous formulons, et le dispositif de recherche mis en œuvre pour y apporter des réponses. Dans ce chapitre, nous faisons le choix de distinguer cette présentation générale des méthodologies spécifiques, lesquelles seront détaillées dans la partie empirique, en amont des résultats de chaque étude. Ce choix de rédaction permet d'avoir en premier lieu une vision globale de la démarche de recherche, puis une vision plus précise des études réalisées.

Cette recherche doctorale s'articule autour de trois études. Si la première mobilise un protocole distinct en termes de collecte de données, les deuxième et troisième études partagent certains outils méthodologiques. Dès lors, les instruments présentés dans l'étude 2 et reconduits dans l'étude 3 ne seront que brièvement rappelés dans cette dernière.

4.1. Question de recherche

« Il convient que la pensée critique dépasse le simple développement cognitif pour s'intégrer au processus global du développement de la personne » (Daniel et al., 2005, p. 15). Avec cette réflexion en filigrane, nous soutenons l'idée de créer un dispositif didactique favorisant le développement de capacités sous-jacentes à la compétence de pensée critique au travers de l'enseignement des sciences et d'en mesurer ses effets.

Si le développement de la pensée critique des étudiants, tant dans l'enseignement secondaire (grades 6-12) que post-secondaire, est important dans les pays anglophones au travers du courant du *Critical Thinking* initié par Dewey (Cospérec, 2018), en revanche, dans les pays francophones, ce courant est actuellement peu étudié. Dans l'enseignement secondaire, le manque de pensée critique des élèves reste bien présent et ce, malgré le fait que dans les prescrits scolaires, la part accordée au développement de la pensée critique augmente depuis les années 80 (Feuerstein cité dans Fastrez et Philippette, 2017). En Belgique francophone, le décret du Code de l'enseignement fondamental et de l'enseignement secondaire (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2019) met également en exergue l'importance de faire acquérir cette compétence. Cependant, jusqu'ici, peu d'écrits se sont penchés sur les approches didactiques et pédagogiques pour favoriser le développement de la pensée critique des élèves. Dans les cours de sciences, lors d'une phase de recherche, comment amener nos élèves à juger par eux-mêmes de la véracité d'une information véhiculée sur internet ? Comment les amener à la décoder avec rigueur et méthode, en mettant à distance leurs intuitions et donc, comment favoriser le développement de leur pensée critique ?

Le développement de la pensée critique que nous proposons s'inscrit dans un cadre épistémique socioconstructiviste, où les interactions sociales, en particulier entre pairs, jouent un rôle déterminant dans la régulation de la pensée et de l'argumentation. Ce cadre mobilise également la métacognition, qui permet aux élèves de prendre conscience de leurs processus cognitifs, de les évaluer et de les réguler. À travers les dialogues, les conflits sociocognitifs et les prises de recul, les élèves développent ainsi des raisonnements plus élaborés.

Dans cette perspective, la pensée critique est envisagée comme un processus visant à résoudre des problèmes contextualisés, mobilisant des connaissances spécifiques et des capacités propres au penseur critique : formuler des questions, émettre des hypothèses, interpréter des données. Ces capacités, que nous structurons en savoirs, savoir-faire et savoir-être, sont pleinement intégrées dans la démarche d'investigation en sciences. Celle-ci favorise l'autonomie, la créativité, la résolution de problèmes et s'aligne avec les composantes évaluées par le *Cornell Critical Thinking Test* (CCTT). La convergence entre les étapes de la démarche d'investigation et celles de la pensée critique renforce la pertinence de ce cadre dans l'enseignement scientifique.

L'enseignant joue ici un rôle central : il conçoit les situations-problèmes en tenant compte des représentations initiales des élèves et permettant leur verbalisation, choisit les expériences appropriées et structure les échanges nécessaires à l'émergence d'un véritable conflit sociocognitif. L'intégration de ces représentations, perçues comme des stratégies contextuelles et non figées, peut favoriser une pédagogie différenciée et plus efficace.

La métacognition, pensée comme un macroprocessus cognitif, est mobilisée à travers des pauses métacognitives proactives qui offrent aux élèves des moments de recul pour évaluer leurs conceptions et ajuster leurs stratégies. Ce processus favorise une réflexion sur la validité des informations, la qualité des sources et la pertinence des arguments.

Enfin, le lien entre pensée critique et fonctions exécutives, en particulier le contrôle inhibiteur, apparaît fondamental. Salvia et al. (2019) relèvent qu'étudier le développement du contrôle inhibiteur à l'adolescence est intéressant, car il s'agit d'une période de la vie durant laquelle le cerveau présente des caractéristiques de plasticité importante et préfigurant un développement du contrôle inhibiteur. Ce dernier, pensé comme un microprocessus dans la pause métacognitive, permet de suspendre une réponse automatique afin de mobiliser une réponse plus réfléchie, en activant le système de pensée lent (système 2). Il est essentiel pour dépasser des conceptions intuitives erronées ou surapprises et constitue, en ce sens, un microprocessus cognitif clé pour favoriser la pensée critique.

Nous formulons dès lors la question de recherche suivante :

Comment la mise en œuvre de pauses métacognitives et d'un entrainement du contrôle inhibiteur influence-t-elle l'évolution de la pensée critique développée dans le cadre de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation ?

Pour répondre à cette question, la création d'un dispositif expérimental nous parait adéquate en contexte écologique. Dans le cadre théorique mobilisé, il apparait que l'enseignant occupe une place importante dans la méthode d'apprentissage même (Hattie,

2009), mais également pour expliciter la démarche de pensée critique ainsi que les capacités sous-jacentes activées (Abrami et al., 2008) et initier de façon consciente, grâce au soin accordé à la verbalisation, la pause métacognitive et l'activation du contrôle inhibiteur (Masciotra, 2005). Dès lors, nous formulons comme première hypothèse :

H1. Pour favoriser le développement de la pensée critique au travers du dispositif didactique proposé, il convient que l'enseignant soit lui-même formé, conscient et prêt à accompagner les élèves dans cette démarche explicite.

De plus, dans notre cadre théorique, nous relevons deux éléments saillants pouvant favoriser la pensée critique. Premièrement, Kuhn (1999) centre son modèle de la pensée critique sur la métacognition. Selon elle, pensée critique et métacognition sont intimement liés. En favorisant une posture métacognitive, l'élève ferait davantage preuve de pensée critique. Deuxièmement, en un contexte d'apprentissage, Houdé (2019b) soutient qu'il convient d'inhiber un système de réponse heuristique (plus rapide mais moins fiable) pour passer à un système de réponse algorithmique (plus lent mais plus fiable). Prolongeant son raisonnement, il soutient que l'inhibition dans ce contexte favorise une démarche de pensée critique. Nous fondant sur ces deux approches, nous proposons comme seconde hypothèse :

H2. En mettant en œuvre un dispositif didactique favorisant une démarche métacognitive et un entrainement du contrôle inhibiteur, la pensée critique des élèves se développe de façon plus importante que si les élèves ne vivent pas de dispositif spécifique.

Enfin, comme l'ont relevé Paul et al. (1989) ou encore Ennis (2015), la compétence de pensée critique repose sur l'activation de capacités. Paul et Elder (2008) précisent que ces capacités peuvent prendre place dans une démarche structurée. Certaines des capacités mobilisées pour faire preuve de pensée critique se retrouvent directement dans la démarche d'investigation en sciences (Cariou, 2010 ; Calmettes, 2012 ; Hypothèse asbl, 2023). Ce lien entre les capacités de la pensée critique et la démarche d'investigation en sciences nous invite à émettre notre troisième hypothèse :

H3. En pratiquant un enseignement des sciences fondé sur l'investigation, le développement de la pensée critique est favorisé.

Afin de répondre à cette question de recherche centrale et de vérifier nos hypothèses, nous proposons de mener trois études distinctes.

4.2. Étude 1

L'étude 1 est une recherche exploratoire descriptive visant à identifier les représentations des enseignants en Belgique francophone à propos du développement de la pensée critique des élèves. Cette étude vise à apporter un premier regard sur notre première hypothèse, mais également à fonder la construction de notre dispositif sur des concepts qui font écho chez les enseignants. Elle est réalisée durant l'année 2020. Afin d'obtenir les données nécessaires en contexte de pandémie, l'utilisation d'un questionnaire diffusé par internet semble la méthode la plus appropriée. Ce questionnaire est largement diffusé à l'ensemble des écoles en Fédération Wallonie-Bruxelles.

Cette étude s'est structurée autour de trois sous-questions de recherche :

« Qu'évoque le concept de pensée critique pour les enseignants belges francophones ? »

« Quelles capacités jugent-ils essentielles au développement de la pensée critique ? »

« Quelles capacités sont favorisées pour développer la pensée critique des élèves ? ».

Dans les réponses obtenues, nous souhaitons découvrir les représentations des enseignants sur la pensée critique dans leur vie, dans leurs pratiques professionnelles lors de la création de leurs cours, mais également ce qu'ils déclarent mettre réellement en œuvre au sein de leurs classes ou ce qu'ils estiment qu'il faudrait mettre en œuvre pour favoriser le développement de la pensée critique des élèves. En combinant ces différentes approches, en établissant des liens entre les différents éléments développés par les enseignants, nous souhaitons obtenir la meilleure compréhension de leurs représentations et ainsi produire, in fine, une démarche qui répondra à leurs attentes. Pour répondre à ces trois questions, un questionnaire avec plusieurs échelles a été conçu.

4.2.1. Outil, questionnaire sur les représentations de la pensée critique

Le questionnaire sur les représentations de la pensée critique des enseignants est utilisé lors de l'étude 1.

Ce questionnaire (cf. Annexe 1) est créé afin de recueillir les représentations qu'ont les enseignants du concept de pensée critique, des informations sur leurs pratiques actuelles déclarées en matière de développement de la pensée critique (démarches pédagogiques, ressources, activités mises en place et obstacles rencontrés) ainsi que les capacités et attitudes qu'ils estiment essentielles pour la développer. Les capacités et attitudes proposées aux enseignants proviennent directement des listes que certains auteurs ont pu établir (Paul et al., 1989 ; Ennis, 2015). Parmi celles ciblées dans le questionnaire, certaines sont spécifiquement en lien avec la métacognition et le contrôle inhibiteur afin d'initier une réponse à la question de cette recherche doctorale. En demandant aux enseignants de se positionner en accord ou en désaccord face à des capacités et attitudes reflétant des stratégies métacognitives et l'activation du contrôle inhibiteur, nous souhaitons cibler si ces démarches leur sont familières et si elles sont en lien avec leur vision de la pensée critique.

L'intitulé-même de ce questionnaire, « Questionnaire sur les représentations de la pensée critique des enseignants », a fait l'objet d'une réflexion concernant l'emploi du terme « représentation ». Bien que ce mot soit polysémique, il nous semble compréhensible pour le public cible de cette étude, et le cadre théorique précédemment évoqué (cf. 3.2.1.1. Les représentations) nous semble adéquat pour exprimer les informations que l'on souhaite obtenir au travers du questionnaire.

Le questionnaire est composé d'une part, de deux questions ouvertes portant directement sur la définition de la pensée critique et la façon dont il est possible de la développer, et d'autre part, de différentes catégories d'items pour lesquels les enseignants doivent prendre position à l'aide d'échelles de Likert (graduation de quatre choix de réponses) (cf. tableau 1).

Une première catégorie reprend onze items portant sur la place de la pensée critique au quotidien, en classe, mais également lors de la conception de séquences d'apprentissage. L'item 5, en lien avec cette première catégorie, permet de vérifier la cohérence des réponses. Une catégorie de 49 items porte sur des dimensions de la pensée critique pour lesquelles les enseignants doivent nuancer leur accord. Ces items reprennent les 35 stratégies de la pensée critique de Paul et al. (1989) auxquelles sont ajoutés 10 items spécifiques à la métacognition (Colognesi et al., 2020), ainsi que 5 items propres au contrôle inhibiteur. Un item faisant référence à la métacognition provient des habiletés d'Ennis (2015). La sélection de ces items est réalisée pour soutenir les objectifs de cette recherche. 5 items véhiculant des « capacités » erronées ou trompeuses sont également introduits, ce qui nous permet de vérifier si l'enseignant a lu les items pour poser son choix ou s'il les a cochés sans les lire. Une série de huit items porte sur les aides au développement de la pensée critique. Une autre série de huit items porte sur les freins au développement de la pensée critique. Un item porte sur l'âge à partir duquel les enseignants estiment qu'il est plus propice de développer la pensée critique. Enfin, le questionnaire se termine par des questions d'identification telles que le genre, le niveau d'enseignement, le réseau d'enseignement, le niveau d'étude ou encore la matière enseignée.

Tableau 1. Structure du questionnaire de l'étude 1

Parties du questionnaire	Formats des questions	Exemples de question
Définition de la pensée critique	2 questions ouvertes 12 items à échelle de Likert 1 question à choix multiple	En tant qu'enseignant, que signifie « faire preuve de pensée critique » ?
Capacités favorisées au sein des cours pour développer la pensée critique des élèves	49 items à échelle de Likert	Suspendre sa réponse première pour y réfléchir davantage. Distinguer les faits pertinents et non pertinents. Identifier et évaluer les habiletés que l'on possède pour aborder un nouvel apprentissage.
Capacités les plus importantes pour favoriser le développement de la pensée critique	1 question : choisir 10 items parmi les 49 précédents.	Inhiber ses réponses intuitives et automatiques. S'autoévaluer.
Aides au développement de la pensée critique	8 items à échelle de Likert	La/les matières que j'enseigne.
Freins au développement de la pensée critique	8 items à échelle de Likert	Le temps à disposition.
Questions de caractérisation de l'échantillon	10 questions	Le genre L'ancienneté d'enseignement

Le questionnaire est d'abord soumis à deux enseignants extérieurs au projet pour une première validation de lisibilité. À la suite de leur lecture, des formulations de question sont

revues, des questions sont ajoutées et d'autres sont simplifiées. Ensuite, le questionnaire est relu par quatre autres chercheurs internes ou externes au projet, spécialistes de ces domaines. Des modifications sont alors apportées à la suite de leur analyse, telles que l'enrichissement des items en lien avec la métacognition.

4.2.2. Type de recherche et modalités d'analyse

À partir des données collectées, nous choisissons de les traiter selon une approche quantitative descriptive.

Grâce aux échelles de Likert, une description des réponses est réalisée en fonction du nombre d'itérations pour chaque choix.

Concernant les items relevant des capacités en lien avec la pensée critique, un score est attribué à chaque item en fonction du nombre de fois où il est sélectionné par les enseignants. Il est alors possible de les classer en fonction de leur score global.

4.3. Étude 2

L'étude 2 est une recherche exploratoire mixte visant l'expérimentation de la faisabilité du dispositif en contexte scolaire et la mesure d'effets de ce dernier sur le développement de la pensée critique des élèves. La sous-question de recherche de cette deuxième étude est :

Dans le contexte spécifique de l'ESFI avec des élèves de 14-15 ans, quels sont les effets de la mise en œuvre de pauses métacognitives sur le développement de compétences relatives à la pensée critique ?

Nous pensons que le moment dans la DI durant lequel les actions métacognitives sont mises en œuvre a de l'influence sur le développement de la pensée critique et la résolution de problèmes en physique. Nous pensons que ces actions métacognitives ont plus d'influence lorsqu'elles sont activées au moment de l'émission d'hypothèses et au moment de la phase d'interprétation. À l'inverse, nous pensons qu'elles ont moins d'effet lorsqu'elles sont activées au moment de la phase d'observation. Nous pensons également que les élèves entrainés à activer ces actions métacognitives lors d'une DI sont capables de les activer à nouveau lorsqu'ils doivent mener une nouvelle DI. La recherche est menée avec trois groupes classes. Le groupe classe A est le groupe contrôle : aucune action métacognitive n'est mise en place. Le groupe classe B vit le dispositif durant lequel les pauses métacognitives ont lieu au moment de l'émission des hypothèses et au moment de l'interprétation. Le groupe classe C vit un dispositif durant lequel les pauses métacognitives ont lieu au moment de la phase de recherche durant le temps d'observation et de la vérification de la crédibilité des observations.

Nous proposons les hypothèses suivantes :

- le groupe B aura un score moyen plus élevé que le groupe contrôle dans les sous- catégories du CCTT « Hypothèses », « Induction » et « Déduction » ;

- le groupe C aura un score moyen plus élevé que le groupe contrôle dans les sous- catégories du CCTT « Observation » et « Crédibilité » ;

- le groupe B présentera une meilleure réalisation de la DI évaluée que les groupes A et C.

Cette étude est réalisée durant l'année scolaire 2021-2022 en partenariat avec une étudiante d'une haute école pédagogique dans le cadre de son travail de fin d'études. Elle se déroule durant cinq semaines et soutient l'objectif d'expérimenter le dispositif des pauses métacognitives et de sa faisabilité en classe. Elle permet de mettre en lumière des hypothèses précises à éprouver dans l'étude 3.

4.3.1. Présentation du dispositif

Le dispositif créé repose sur l'enseignement des sciences, et en particulier, des notions relatives à la physique des fluides. Durant cette séquence de cours d'une durée de cinq semaines, cinq démarches d'investigation (DI) sont vécues. Pendant ces cinq DI, une ou deux pauses métacognitives sont intégrées aux moments précis choisis. Chaque pause est initiée par l'enseignante. Cette dernière lève une affiche avec un dessin et exprime que la classe « entre en pause métacognitive ». L'affiche présentée est une accroche visuelle associée à la parole de l'enseignante. La pause métacognitive est structurée à l'aide de questions posées aux élèves. Durant le temps de pause, ceux-ci reçoivent un document écrit structurant les questions et y répondent. Ces feuilles complétées sont reprises par l'enseignante et servent de traces écrites à analyser.

Son déroulement global est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2. Déroulement de l'étude 2

	Nombre d'élèves	Pré-test CCTT	5 DI			DI de transfert « La maison volante »	Évaluation globale des connaissances liées au chapitre de physique	Évaluation du dispositif a posteriori et post-test CCTT
			Pas de pause métacognitive	5 pauses métacognitives « Hypothèses » et 5 pauses métacognitives « interprétation »	5 pauses métacognitives « Recherche »			
Groupe classe A	13	X	X			X	X	X
Groupe classe B	9	X		X		X	X	X
Groupe classe C	10	X			X	X	X	X

4.3.2. Type de recherche et modalités d'analyse

Afin d'éprouver les hypothèses émises, la méthodologie mixte semble la plus pertinente.

Comme le synthétise Vanderavero (2024), les méthodes mixtes reposent sur la collecte conjointe de données quantitatives et qualitatives, analysées de manière distincte avant d'être combinées dans une perspective d'enrichissement de la compréhension du phénomène étudié. Cette approche tire parti de la complémentarité entre d'une part, l'objectivation et la portée généralisable offertes par les méthodes quantitatives et d'autre part, l'exploration du sens et du contexte propres aux méthodes qualitatives.

Nous faisons le choix du modèle en parallèle. Ce modèle se caractérise par une collecte des données en une seule phase, quantitative et qualitative, suivie d'une analyse distincte de chaque ensemble, avant une intégration finale des résultats. Ce design permet de comparer et de fusionner les résultats issus de chaque méthode afin de développer une compréhension plus complète du dispositif mis en place.

Dans le contexte de cette deuxième étude, ce modèle permet d'observer les effets d'un dispositif pédagogique en croisant les données issues du *Cornell Critical Thinking Test* et des évaluations d'exercices réalisées (données quantitatives) avec des données issues des observations en classe, des traces écrites collectées durant les pauses métacognitives et des autoconfrontations, suite à la réalisation de la démarche d'investigation « La maison volante » (données qualitatives). L'approche en parallèle est particulièrement pertinente ici, car elle permet de traiter les deux ensembles de données avec la même importance. Elle contribue ainsi à renforcer la validité des conclusions.

Les données quantitatives sont analysées à l'aide du logiciel statistique SPSS. Ce logiciel nous permet de réaliser des analyses descriptives des valeurs, mais également de réaliser des tests de statistique inférentielle (comme des tests t et des tests de corrélation).

Les données qualitatives sont analysées conjointement par l'enseignant-chercheur et l'enseignante stagiaire en ciblant les éléments portant spécifiquement sur les pauses métacognitives.

4.3.3. Outils

Dans le cadre de notre méthode mixte, les outils sélectionnés sont en alignement avec nos sous-questions de recherche et permettent de disposer des données pour y répondre, mais également apporter une réponse à la question de recherche générale.

4.3.3.1. Cornell Critical Thinking Test

Notre recherche portant sur l'évolution de la pensée critique des élèves, nous choisissons de créer un dispositif durant lequel la pensée critique est évaluée en prétest et en post-test afin de mesurer une différence éventuelle de scores entre ces deux temps et d'évaluer l'évolution de la pensée critique. Notre choix s'est porté sur l'utilisation d'un test validé afin d'évaluer la pensée critique de manière rigoureuse. Nous aurions pu opter pour une approche évaluant des capacités de la pensée critique que nous aurions sélectionnées en contexte d'enseignement des sciences à partir d'outils de notre création, mais nous avons privilégié l'usage d'un test validé et décontextualisé reposant sur l'évaluation de différentes capacités (ou dimensions) de la pensée critique. Ce test mesure un certain « niveau de pensée critique » et permet de soutenir l'objectif d'une recherche quantitative en apportant des valeurs chiffrées précises. Comme le rappel Gagnon (2010), ce type de test ne permet pas de prendre la mesure des dispositions de l'élève à mettre en œuvre une pensée critique ni l'ouverture d'esprit de ce dernier. Par contre, ce test se voulant neutre et non contextualisé à une discipline, permet de mettre en lumière une mesure de la pensée critique plus généraliste. Enfin, ce test, bien qu'il présente une mesure d'une capacité cognitive (habileté de

raisonnement), n'éclaire pas la façon dont cette capacité est mobilisée ni liée à d'autres. Dans notre méthode mixte, ce test répond à l'approche quantitative, il offre un repère dans un contexte précis. Il est enrichi d'autres outils apportant des données liées à notre approche qualitative.

Sélection du *Cornell Critical Thinking Test*

Il existe un nombre important d'instruments évaluant la pensée critique. Ces instruments semblent se répartir en deux catégories.

La première est fondée sur un problème complexe à résoudre. Elle repose sur le fait que la pensée critique se déploie pleinement en situation complexe et qu'il convient dès lors de l'évaluer dans de telles situations. Cette première approche est plus proche de la réalité de mise en œuvre de la pensée critique mais est moins facilement évaluable et normalisable, car elle repose nécessairement sur des connaissances préalables. Au-delà de la mise en œuvre d'une pensée critique, cette approche repose sur des compétences d'analyse de texte et des connaissances spécifiques pouvant être sources de biais dans les résultats obtenus.

La deuxième catégorie porte sur l'évaluation de sous-compétences de la pensée critique considérée comme la somme de plusieurs sous-compétences clés (telles que l'induction, la déduction, l'émission d'hypothèses…). Cette deuxième approche est plus souvent structurée par un questionnaire à choix multiples s'éloignant d'une réalité de mise en œuvre de la pensée critique mais plus facile à évaluer et à standardiser.

Notre sélection porte sur des tests destinés à un public adolescent et, si possible, évaluant des capacités de la pensée critique que l'on retrouve également dans la démarche d'investigation, contexte fondateur de notre dispositif. Nous proposons une comparaison de différents tests en nous inspirant des critères de Galindo-Domínguez et al. (2023) (année de diffusion, dimensions de la pensée critique testées, nombre d'items, type de test et fiabilité). De plus, nous regroupons ces tests selon les catégories proposées par Gagnon (2010). Il est important de noter que la majorité des outils validés que nous relevons dans la littérature est issue de pays anglophones. Aucun test en français, adapté à notre contexte, n'a été identifié. Dix instruments d'évaluation ont ainsi été sélectionnés pour analyse. Certains tests, bien que pertinents sur certains aspects, ont été écartés en raison de leur ancienneté, de leur manque d'actualisation ou de leur inadéquation avec notre contexte linguistique et pédagogique. Pour une meilleure lisibilité des tests évalués, plutôt que de les présenter dans un unique tableau dont la police d'écriture aurait été trop petite, nous les reprenons dans les tableaux 3 et 4.

Le *Judgment : Deductive logic and assumption* (Shaffer et Steiger, 1971) cible des compétences de la pensée critique et est accessible gratuitement. Néanmoins, ce test n'a pas été revu depuis sa première publication et est destiné à être soumis en quatre temps pour un total de près de 2h. Nous relevons également que les formulations des items ne sont pas optimales pour notre contexte scolaire. Nous craignons que les résultats de pensée critique soient influencés de façon importante par la compréhension à la lecture réalisée. Pour ces raisons, il ne nous semble pas adéquat dans notre contexte.

Le *Test of Inquiry skills* (Fraser, 1979), bien que davantage orienté vers la démarche scientifique, ne porte pas complètement sur l'évaluation de la pensée critique. Une partie du test porte sur la pensée critique en sciences. Les autres parties du test, notamment les dimensions relatives à « l'utilisation de la bibliothèque » ou « l'index et table des matières », sont davantage contextualisées dans le passé et ne sont plus en phase avec la réalité des années 2020. Par ailleurs, les compétences 3 à 6 portent davantage sur des compétences mathématiques. Nous nous demandons si ces compétences évaluées pourraient refléter un score de pensée critique. Ainsi, bien que ce test semble intéressant et puisse donner un certain regard sur le niveau d'analyse des élèves dans un contexte mathématico-scientifique, il ne nous semble pas pertinent pour la présente recherche, car il nous parait trop éloigné de l'évaluation d'une pensée critique.

Le *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal* est un test de pensée critique relativement reconnu, car sa première édition date de 1930. En 2021, Pearson, éditeur disposant des droits du test, en est à sa troisième édition. Ce test est destiné en première instance au monde du travail. Nous ne l'envisageons donc pas dans cette recherche.

Le *New Jersey Test of Thinking Skills* (Shipman, 1983) est un test qui a été envisagé, car sa dernière révision est de 2011. Malgré plusieurs demandes, nous n'avons pas obtenu de réponse quant à son utilité. Ce test a donc été rejeté.

Le *Cornell Critical Thinking Test* (Ennis et Millman, 1985) est un test ciblant la pensée critique et reposant sur l'analyse de cinq capacités ou dimensions. Bien que ce test ait été créé en 1985, il a été revu en 2005 (Ennis et al., 2005). Il est destiné au milieu scolaire et est prévu pour être administré durant un cours de 50 minutes. Ce test évalue cinq dimensions de la pensée critique (l'induction, la déduction, l'observation, la crédibilité et l'hypothèse) au travers d'un exercice de compréhension à la lecture. Il ne nécessite pas la maitrise de compétences mathématiques spécifiques. Le contexte que le test propose est innovant et ne nécessite pas de connaissances préalables des élèves, si ce n'est la maitrise d'un vocabulaire de base. De plus, les dimensions testées sont en lien avec les capacités travaillées lors d'une démarche d'investigation (cf. Figure 1 et Tableau 4). Ce test n'est pas disponible en ligne et doit être acheté. Malgré le coût qu'il représente pour cette recherche et la nécessité de le traduire et de le faire valider en français, notre choix se porte sur ce dernier.

Tableau 3. Comparaisons de différents instruments évaluant la pensée critique (partie 1)

Nom de l'instrument	Catégories de Gagnon (2010)	Public	Dimensions évaluées	Nombre d'items et type de questions	Remarques
Judgment : Deductive logic and assumption (Shaffer et Steiger, 1971)	Test centré sur les habiletés de raisonnement	Adolescents de 12 ans à 18 ans	Raisonnement logique Émission d'hypothèses Analyse d'arguments Observation	100 items sous le format d'un QCM	Langue : Anglais Durée de la passation : 105 à 130 minutes en 5 fois Non revu depuis sa première publication Coût : gratuit
Test of Inquiry skills (Fraser, 1979)	Test centré sur les habiletés de raisonnement	Adolescents de 12 ans à 16 ans	Utilisation de la bibliothèque Index et table des matières Échelles Moyennes, pourcentages, proportions Graphiques et tableaux Graphiques Compréhension de lectures scientifiques Design de procédures expérimentales Conclusions et généralisations	87 items sous le format d'un QCM	Langue : Anglais Passation prévue en milieu scolaire Durée de la passation : 30 à 60 minutes ; néanmoins le test n'a pas de limite de temps ; l'auteur conseille même de l'administrer en deux fois pour éviter la fatigue des élèves. Non revu depuis sa première publication Coût : gratuit
Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal (Watson et Glaser, 1980)	Test centré sur les habiletés de raisonnement	Adultes	Inférence Hypothèses Déductions Interprétation Évaluation	80 ou 40 (en fonction de la version utilisée) QCM	Anglais Adapté au milieu professionnel
New Jersey Test of Thinking Skills (Shipman, 1983)	Test centré à la fois sur les habiletés de raisonnement et sur les dispositions				Demandes d'accès au test restées sans réponse

Le *Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test* (Ennis et Weir, 1985) évalue les compétences de pensée critique dans le contexte spécifique de l'argumentation. Dans le cadre de ce test, l'élève est amené à lire un texte court présentant une problématique. Il doit alors formuler un texte argumentatif qui répond à cette problématique. L'enseignant dispose d'une grille d'analyse afin d'attribuer un score au texte de l'élève. Bien que ce test soit destiné au public cible de cette recherche, conçu pour être soumis durant une heure de cours et librement accessible, nous relevons quelques freins à sa mise en œuvre. Tout d'abord, la problématique présentée porte sur des places de parking en milieu urbain et les désagréments que cela peut causer. Bien que ce sujet puisse être compris par les élèves, nous émettons des réserves quant à sa contextualisation pour des élèves qui ne vivent pas spécialement en milieu urbain et ne sont donc pas familiers de ces problèmes. De plus, ce test porte spécifiquement sur la compétence d'argumentation et la rédaction de l'argumentaire. Les élèves ayant davantage de difficultés lors de l'expression écrite risquent d'être pénalisés sur base de compétences d'écriture et non de pensée critique. De plus, le public cible n'est pas le nôtre (destiné à des élèves du secondaire supérieur). Enfin, l'évaluation de ce test repose sur une analyse de la production de l'élève réalisée à l'aide d'une grille critériée. Réalisant une étude quantitative avec un échantillon d'environ 300 élèves, l'évaluation systématique d'un tel test ne parait pas réalisable dans notre contexte. Néanmoins, l'adaptation du test et sa passation par un groupe restreint d'élèves peuvent être intéressantes afin d'obtenir un regard sur leur pensée critique mise en lien avec leur expression écrite. Pour les différentes raisons évoquées, ce test n'est pas sélectionné.

Le *Test of inference ability in reading comprehension* (Phillips et Patterson, 1987 ; Phillips, 1988) porte spécifique sur l'inférence. Bien que l'inférence fasse partie des compétences liées à la pensée critique, elle n'en représente pas la totalité. Ce test n'est donc pas sélectionné.

Le *California Critical Thinking Skills Test* (Facione, 1990b) est un test de pensée critique réalisable en ligne et qui a l'avantage d'avoir été traduit et validé en français québécois. Il est destiné à tous les publics, dès le primaire jusqu'à l'âge adulte. Il est prévu pour être réalisé durant une période de cours. Bien que le test ait été développé en 1988, la version actuelle date de 2020. Il évalue huit dimensions de la pensée critique : l'analyse, l'interprétation, l'inférence, l'évaluation, l'explication, le raisonnement inductif, le raisonnement déductif et le raisonnement quantitatif. Ce test répond à tous les critères attendus. Malheureusement, son coût est de 9,95$/passation/élève, ce qui, au regard de l'échantillon visé et du dispositif de recherche mis en place demandant deux temps de mesure (en prétest et en post-test) représente un coût trop élevé et ne nous permet pas de l'exploiter.

L'*Halpern Critical Thinking Assessment Using Everyday Situations* (Halpern, 2007) est un test qui repose sur l'analyse de capacités de la pensée critique et qui est destiné à un public adulte. Il est rejeté pour ces raisons.

L'*University of Florida Critical Thinking Test* est un test de pensée critique en ligne. Il a l'avantage d'être traduit et validé en français. Bien que ce test soit destiné au cycle universitaire, après discussion avec ses auteurs, il semble qu'il soit réalisable au niveau de

l'enseignement secondaire également. Malheureusement, la procédure d'obtention du test est complexe et coûteuse (99$/élève/passation). Pour ces raisons, ce test n'est pas utilisé.

Tableau 4. Comparaisons de différents instruments évaluant la pensée critique (partie 2)

Nom de l'instrument	Catégories de Gagnon (2010)	Public	Dimensions évaluées	Nombre d'items et type de questions	Remarques
Cornell Critical Thinking Test (Ennis et Millman, 1985)	Test centré sur les habiletés de raisonnement	Élèves entre 9 et 18 ans (niveau X) Adultes (niveau Z)	Induction Déduction Crédibilité Observation Hypothèse	71 QCM	Langue : Anglais Passation prévue en milieu scolaire Durée de la passation : 50 minutes Coût : 2,99$/personne/passation
Ennis-Weir Critical Thinking Essay (Ennis et Weir, 1985)	Test à courts développements et/ou par essais	Élèves à partir de 12 ans	Compréhension d'un point de vue Argumentation Ouverture d'esprit Crédibilité	Essai	Gratuit Accessible en ligne Évaluation complexe pour un grand nombre d'élèves
Test of inference ability in reading comprehension (Phillips et Patterson, 1987)	Test centré sur les habiletés de raisonnement	Élèves de 11 à 14 ans	Inférence	36 items sous le format de QCM	Langue : Anglais Passation prévue en milieu scolaire Durée de la passation : 40 à 50 minutes Non revu depuis sa première publication Coût : gratuit
California Critical Thinking Skills Test (Facione, 1990b)	Test centré sur les habiletés de raisonnement	Élèves de l'enseignement secondaire, étudiant, adulte,	Interprétation Analyse Inférence Explication Évaluation Autorégulation	34 QCM	Adapté en français québécois Durée de passation: 45-50 minutes Test validé Coût: 9,95$/passation/personne
Halpern Critical Thinking Assessment Using Everyday Situations (Halpern, 2007)	Test combinant des questions à réponses uniques et des questions ouvertes à court développement	Adultes	Raisonnement Analyse d'arguments Hypothèse Incertitude Prise de décision	25 questions fermées Et 25 questions ouvertes	
University of Florida Critical Thinking Test		Élèves à partir de 16 ans			Langue : anglais ; traduit et validé en français ; jamais exploité en Belgique Coût : 99€/passation/personne

L'analyse comparative des différents tests d'évaluation de la pensée critique nous conduit à choisir le *Cornell Critical Thinking Test* (CCTT) niveau X. Ce choix repose sur des critères de validité, d'accessibilité, d'adaptabilité et de coût. De plus, la lecture et l'analyse du CCTT ne portent pas sur des connaissances spécifiques, il ne pénalise donc pas les élèves sur des éléments de connaissance qui ne seraient pas maitrisés (Tricot et Sweller, 2014). Sa passation est une première dans un contexte francophone. Nous relevons également que, lors de précédentes passations du CCTT documentées (Ennis et al., 2005), la pensée critique n'est pas corrélée au genre des participants à l'exception de rares cas où la corrélation est très faible. Ce constat est également rapporté par Tümkaya et al. (2009) utilisant le *California Critical Thinking Dispositions* et *l'Inventory et Problem Solving Inventory*. Les méta-analyses d'Abrami et al. (2008) ou de Lai (2011) et le rapport descriptif du test *Watson-Glaser (*Sample, 2018) ne relèvent également aucun lien entre la pensée critique et le genre des participants.

Le *Cornell Critical Thinking Test* dans sa version de 2005 est développé par Ennis, Millman et Tomko (2005). Ce test est décliné en deux niveaux : le niveau X et le niveau Z. Le CCTT niveau X permet d'évaluer la pensée critique des élèves entre 9 ans et 18 ans (le niveau Z est destiné à un public adulte). Il est validé pour le public cible. En fonction du niveau des élèves, la passation du test est scindée ou réalisée lors d'une période de cours de 50 minutes, ce qui correspond au contexte d'enseignement belge. Il ne porte pas sur des connaissances préalables nécessaires mais uniquement sur la maitrise de la lecture. Il est réalisé en pré- et post-test. Les auteurs ne recommandent pas d'intervalle minimum entre deux temps de passation. La méthode d'évaluation appliquée correspond à celle proposée dans le manuel de passation du test : 1 point pour une réponse correcte, -0,5 point pour une réponse erronée et 0 point pour une abstention.

Le niveau X est un test à choix multiples de 76 questions (dont 71 sont évaluées et 5 sont des exemples) évaluant également les dimensions suivantes :

Tableau 5. Dimensions de la pensée critique intégrées dans le CCTT niveau X

Dimensions de la pensée critique intégrées dans le CCTT niveau X	
Dimensions de la pensée critique	Nombre de questions relatives
L'induction	25
La déduction	24
L'observation	23
La crédibilité	23
Les hypothèses	10

Les cinq capacités liées à la pensée critique évaluées dans le CCTT niveau X se retrouvent dans la démarche d'investigation. L'identification d'hypothèses dans le CCTT est une étape en soi de la DI. L'évaluation des observations et de la crédibilité d'un propos sont deux capacités du CCTT que l'on retrouve dans la phase de recherche de la DI, à travers des étapes comme « Expérimenter » ou « Consulter des documents et/ou des personnes ». La capacité d'induction dans le CCTT est davantage une orientation que l'on donne à la DI en favorisant une construction des apprentissages en passant du cadre particulier au cadre plus général (cette orientation de la DI est particulièrement bien adaptée avec les plus jeunes élèves). La dernière capacité évaluée dans le CCTT est la déduction. Cette dernière se retrouve également comme orientation de la DI lorsque la démarche est hypothético-déductive et davantage adaptée à des élèves plus âgés.

Le CCTT étant un test sous licence et la propriété de la société *The Critical Thinking Co.*, nous en avons une licence pour l'exploiter dans le cadre de cette recherche doctorale. Il n'est dès lors pas possible d'en divulguer les questions. Néanmoins, avec l'accord de *The Critical Thinking Co.*, il nous est permis de présenter une question type par dimension évaluée dans le CCTT niveau X. Sachant que la dimension d'observation et la dimension de crédibilité sont évaluées par les mêmes questions, nous présentons quatre questions types en annexe (cf. Annexe 2).

Traduction du *Cornell Critical Thinking Test*

Ce test étant rédigé en anglais, il est traduit et validé en français selon une adaptation d'une méthode proposée par Vallerand (1989). Il propose une méthodologie de traduction, afin de garantir une correspondance optimale entre les mots originaux en anglais et leur traduction française. Il propose une méthode en sept étapes.

(…) sept (7) étapes sont proposées pour la validation transculturelle de questionnaires psychologiques. Ces étapes sont : (1) la préparation d'une version préliminaire ; (2) l'évaluation et la modification de la version préliminaire ; (3) l'évaluation de la clarté des questions par des membres de la population cible dans un prétest ; (4) l'évaluation de la validité concomitante et de contenu du questionnaire ; (5) l'évaluation de la fidélité test-retest et de la consistance interne de l'instrument ; (6) l'étude de la validité de construit du questionnaire ; et (7) l'établissement des normes. (Vallerand, 1989, p.663)

Nous appliquons les premières étapes de cette méthode pour ensuite nous en écarter pour des raisons de mise en œuvre relativement complexes et trop peu pertinentes dans notre cas. En effet, le CCTT est un document accessible aux enfants dès l'enseignement primaire et son choix de vocabulaire est par conséquent accessible. Les étapes proposées par Vallerand (1989) sont prévues pour être mises en œuvre pour n'importe quel instrument psychométrique avec toute la complexité de précision des termes qui peut y être liée. L'instrument sélectionné dans notre cas nous permet de prendre des largesses avec cette méthode et de nous l'approprier.

La première étape est la préparation d'une version préliminaire de la traduction. Le CCTT a été traduit une première fois de façon traditionnelle, de l'anglais vers le français, grâce à l'outil en ligne deepl.com. Comme le rappellent Bouletreau et al. (1999), cette traduction doit être littérale, mais également adaptée à notre contexte belge francophone. Cette adaptation porte sur les noms propres des personnages du récit ou la contextualisation du lieu.

La deuxième étape consiste en l'évaluation de la version préliminaire. Lors de cette étape, la traduction a été revue et discutée avec une traductrice anglais-français. Lors de ces discussions sont ressorties des améliorations des tournures de phrases jugées trop complexes, des corrections de syntaxes et d'orthographe. Une première version expérimentale du test a ainsi été produite. Il est à noter que la mise en page a été soignée de façon à être semblable à celle du test d'origine.

Durant la troisième étape, l'instrument de mesure a été soumis à trois personnes extérieures au champ de recherche. Ces personnes ont pu commenter le test et critiquer chaque item. Grâce à ces échanges, des imprécisions de langage ont été corrigées, en accord avec la traductrice ayant proposé précédemment les améliorations de traduction.

C'est à partir de la quatrième étape que nous nous éloignons de la démarche proposée par Vallerand (1989). En effet, Vallerand conseille que l'on puisse travailler avec des groupes de personnes bilingues français-anglais afin qu'ils puissent continuer à valider l'instrument. Les étapes quatre, cinq et six portent sur une vérification statistique de l'élément. Vallerand propose également la méthode de la traduction inverse que nous avons appliquée. Cette

démarche consiste à faire traduire par un sujet bilingue la version française du test afin d'en produire une version anglaise. Cette nouvelle version anglaise est alors comparée à la version anglaise d'origine. Les écarts de traduction constatés donnent lieu à une discussion des termes employés. Cette démarche a apporté peu de commentaires, car, comme cela a été précédemment expliqué, le test étant destiné à un public jeune, le vocabulaire employé est assez simple.

Vallerand propose une septième étape qui est l'établissement de normes pour le public cible. Les résultats de cette recherche peuvent être considérés comme une première approche des normes pour le public cible des élèves de 14-15 ans de l'enseignement secondaire général de transition au cours des années 2022 et 2023 en Belgique francophone. D'autres passations futures pourraient permettre d'affiner ces normes.

4.3.3.2. Documents de traces lors des pauses métacognitives

Dans le cadre des démarches d'investigation vécues par tous les participants, deux groupes de recherche sur les trois sont invités à compléter deux documents durant les pauses métacognitives. Ces documents sont élaborés afin de recueillir les réflexions des élèves émergeant à la suite des prompts métacognitifs[1] et de permettre aux élèves de structurer davantage leur pensée lorsqu'ils partagent leurs points de vue. Ces documents sont récupérés par les enseignants afin d'analyser la qualité et l'évolution de leurs contenus.

Bien que la démarche métacognitive soit structurée par la verbalisation de l'enseignant (par les questions qu'il énonce), le fait de demander aux élèves de passer par l'écrit leur permet d'utiliser leurs traces écrites pour partager leurs avis à la classe lors du temps d'échanges au terme de la pause métacognitive. De plus, l'élève peut relire ce qu'il a exprimé lors de précédentes pauses afin de constater l'évolution de ses réflexions. Dans le contexte de cette recherche, la trace écrite est collectée afin d'être analysée. Nous choisissons que la pause métacognitive soit proactive, c'est-à-dire préalable à l'action sur laquelle elle porte. Nous optons pour cette approche afin d'assurer une uniformité dans la démarche appliquée à tous les groupes. Cela permet un meilleur contrôle et une meilleure comparabilité entre les différentes conditions expérimentales. En effet, une pause métacognitive proactive dépend principalement du moment où l'enseignant décide de l'introduire et de la manière dont il la verbalise. À l'inverse, une pause interactive ou rétroactive repose davantage sur la réflexion autonome de l'élève et sur sa propre mise en œuvre de stratégies métacognitives. En privilégiant ces autres modalités, nous risquerions de perdre en cohérence quant à la durée et à la nature des pauses métacognitives d'un groupe à l'autre. Cette approche centrée sur le proactif, garantit ainsi un équilibre entre les enseignants et les conditions de mise en œuvre. Ainsi, la pause métacognitive prend place soit avant la phase d'émission d'hypothèses et avant la phase d'interprétation soit avant la phase de recherche, lors de l'étude 2 ; elle prend

[1] « verbalisations développées par le biais de questions ayant un effet positif sur les performances – que l'on peut définir comme des activateurs de stratégies » (Colognesi et Van Nieuwenhoven, 2016, p. 5).

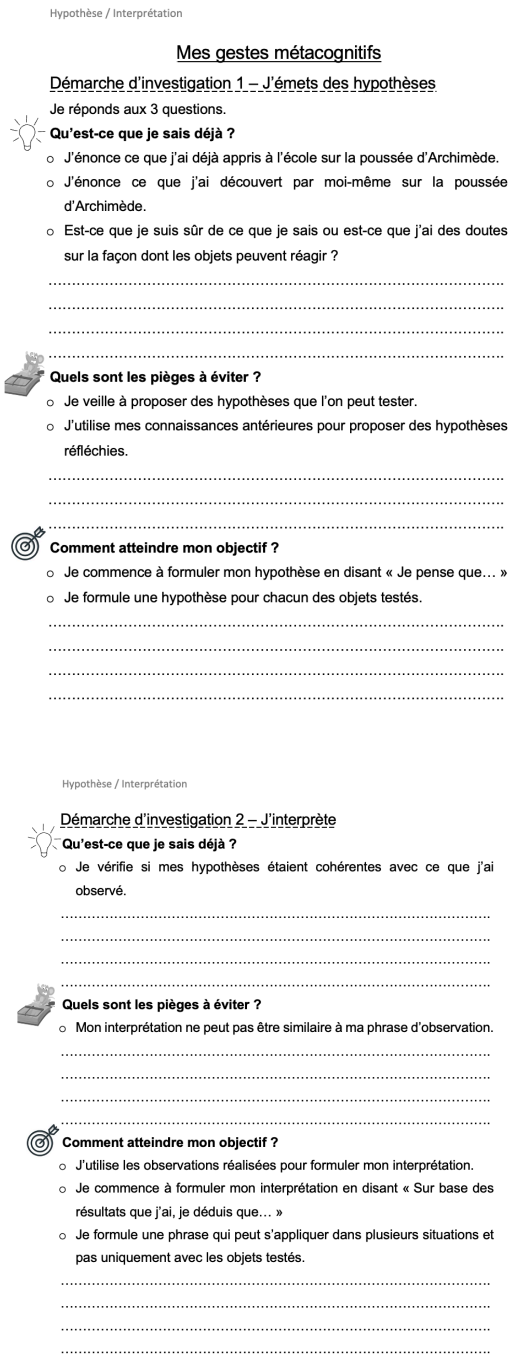
place avant la phase d'émission d'hypothèses et avant la phase d'interprétation, lors de l'étude 3.

Le document de recueil évolue au cours de la recherche exploratoire (étude 2) afin de répondre aux réalités du terrain, comme cela est décrit ci-après.

La première étape du document se structure autour de la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? ». Cette question a pour but de favoriser la prise en compte des représentations antérieures de l'élève sur le sujet abordé. Nous faisons l'hypothèse qu'en prenant conscience de ses connaissances antérieures, l'élève peut les utiliser pour produire une meilleure réponse (hypothèse, recherche ou interprétation). Il s'agit de l'étape la plus riche en termes de production.

La première version (cf. Figure 6) proposée manque de cohérence et d'ergonomie dans sa présentation. D'une présentation au format portrait, nous faisons évoluer le document vers un format paysage laissant davantage de place à l'écriture. De plus, dans sa première version, le document propose une question sur les pièges à éviter pour produire une réponse la plus correcte. Cette question est proposée afin que les élèves verbalisent les éléments d'attention, mais cela s'est révélé peu différent de la réponse attendue à la question « Comment atteindre mon objectif ? ».

Figure 6. Documents de collecte de traces écrites durant les pauses métacognitives – Première version



Hypothèse / Interprétation

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation 1 – J'émets des hypothèses

Je réponds aux 3 questions.

Qu'est-ce que je sais déjà ?

- J'énonce ce que j'ai déjà appris à l'école sur la poussée d'Archimède.
- J'énonce ce que j'ai découvert par moi-même sur la poussée d'Archimède.
- Est-ce que je suis sûr de ce que je sais ou est-ce que j'ai des doutes sur la façon dont les objets peuvent réagir ?

.....
.....
.....
.....

Quels sont les pièges à éviter ?

- Je veille à proposer des hypothèses que l'on peut tester.
- J'utilise mes connaissances antérieures pour proposer des hypothèses réfléchies.

.....
.....
.....

Comment atteindre mon objectif ?

- Je commence à formuler mon hypothèse en disant « Je pense que… »
- Je formule une hypothèse pour chacun des objets testés.

.....
.....
.....
.....

Hypothèse / Interprétation

Démarche d'investigation 2 – J'interprète

Qu'est-ce que je sais déjà ?

- Je vérifie si mes hypothèses étaient cohérentes avec ce que j'ai observé.

.....
.....
.....
.....

Quels sont les pièges à éviter ?

- Mon interprétation ne peut pas être similaire à ma phrase d'observation.

.....
.....
.....
.....

Comment atteindre mon objectif ?

- J'utilise les observations réalisées pour formuler mon interprétation.
- Je commence à formuler mon interprétation en disant « Sur base des résultats que j'ai, je déduis que… »
- Je formule une phrase qui peut s'appliquer dans plusieurs situations et pas uniquement avec les objets testés.

.....
.....
.....
.....

La deuxième version du document (cf. Figure 7) exploitée lors de l'étude 2 ne se focalise plus que sur les deux questions « Qu'est-ce que je sais déjà ? » et « Comment atteindre mon objectif ? ». Nous observons que, sans pouvoir formuler leur réponse sur la feuille (les hypothèses, les interprétations ou les données issues de la recherche), les élèves sont freinés dans leur démarche. Après avoir répondu aux deux questions, ils doivent compléter leur cours. Lors du temps de discussion, ils n'ont pas toutes les traces de leur réflexion sous les yeux. De plus, un espace important est prévu pour répondre à la question « Comment atteindre mon objectif ? », deuxième étape du document. Dans cet espace, il est attendu que les élèves précisent des méthodes pour formuler une meilleure réponse. Lors de la recherche exploratoire, nous constatons que les élèves expriment très vite de façon récurrente les mêmes idées pour répondre à cette question. Par exemple, ils écrivent systématiquement « Je pense que », car ils savent que pour formuler une hypothèse correcte, il convient de débuter sa phrase par ces termes. Ainsi, bien que la question vise à relever des stratégies cognitives à appliquer, la verbalisation attendue à cette question n'est pas optimale et se vide de son intérêt. La version 3 du document répond à ces constats.

Figure 7. Documents de collecte de traces écrites durant les pauses métacognitives – Deuxième version

Hypothèse / Interprétation

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation 2 – J'émets des hypothèses		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce à l'expérience précédente) ?	…… …… …… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Par quelle structure de phrase commence une hypothèse ? - A quelle question dois-je répondre ? - Mon hypothèse peut-elle être farfelue ou doit-elle se baser sur des connaissances antérieures ?	…… …… …… …… …… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Hypothèse / Interprétation

Démarche d'investigation 2 – J'interprète		
Qu'est-ce que je sais déjà avant de commencer à interpréter l'expérience vécue ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	…… …… …… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Par quelle structure de phrase commence une interprétation ? - Sur quels éléments mon interprétation doit-elle être basée ? - Une interprétation répond-elle à une situation unique ou peut-elle être généralisée ? - Mon interprétation peut-elle être similaire à mes observations ?	…… …… …… …… …… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Lors des dernières pauses métacognitives de l'étude 2, la troisième version du document est utilisée. Cependant, le manque de pertinence persistant dans les réponses à la question « Comment atteindre mon objectif ? » nous incite à concevoir une quatrième version de l'outil de collecte, déployée dans l'étude 3. Nous choisissons de conserver cette question

pour structurer la pause métacognitive, mais en la transformant en une étape de rappel. Ce rappel a une double fonction :

- préciser la question à traiter dans la situation-problème ;
- guider la formulation de la réponse attendue.

Cette évolution renforce la cohérence entre les trois temps de la pause métacognitive, en faisant de ce deuxième moment un lien important entre le premier et le troisième temps.

Enfin, le troisième temps est consacré à la production de l'hypothèse, l'observation (lors de l'étude 2 uniquement) ou l'interprétation. En faisant apparaitre la formulation de la réponse sur la même face que les représentations initiales, nous cherchons à ce que les élèves établissent des liens entre ces deux éléments.

Figure 8. Documents de collecte de traces écrites durant les pauses métacognitives – Troisième version

Hypothèse / Interprétation

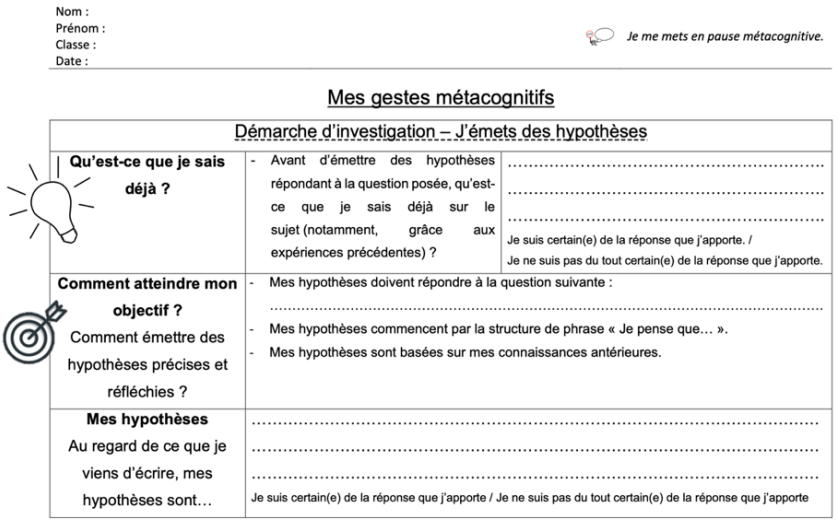
Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation 6 – J'émets des hypothèses		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Par quelle structure de phrase commence une hypothèse ? - A quelle question dois-je répondre ? - Mon hypothèse peut-elle être farfelue ou doit-elle se baser sur des connaissances antérieures ?	…… …… …… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Mes hypothèses	Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	…… …… …… ……

Hypothèse / Interprétation

Démarche d'investigation 6 – J'interprète		
Qu'est-ce que je sais déjà avant de commencer à interpréter l'expérience vécue ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Par quelle structure de phrase commence une interprétation ? - Sur quels éléments mon interprétation doit-elle être basée ? - Une interprétation répond-elle à une situation unique ou peut-elle être généralisée ? - Mon interprétation peut-elle être similaire à mes observations ?	…… …… …… …… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Mon interprétation	Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	…… …… …… ……

Figure 9. Documents de collecte de traces écrites durant les pauses métacognitives lors de l'étude 3 – Quatrième version



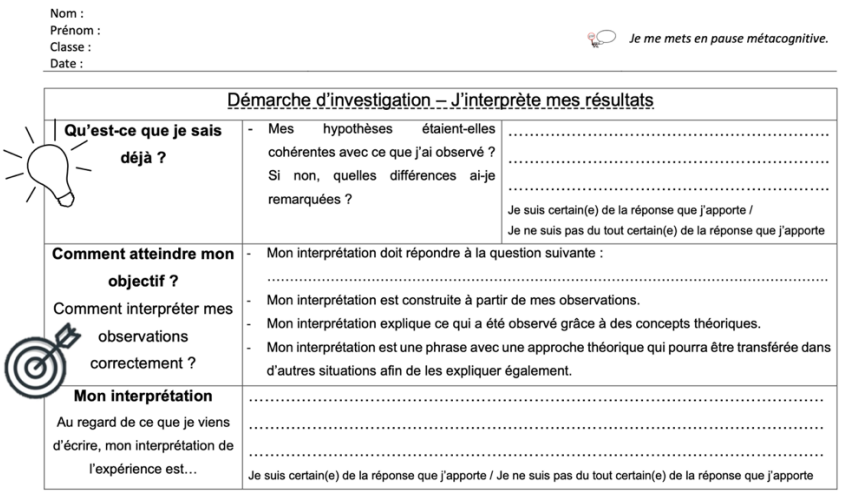
Nom :
Prénom :
Classe :
Date :

Je me mets en pause métacognitive.

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : …… - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	……	Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte



Nom :
Prénom :
Classe :
Date :

Je me mets en pause métacognitive.

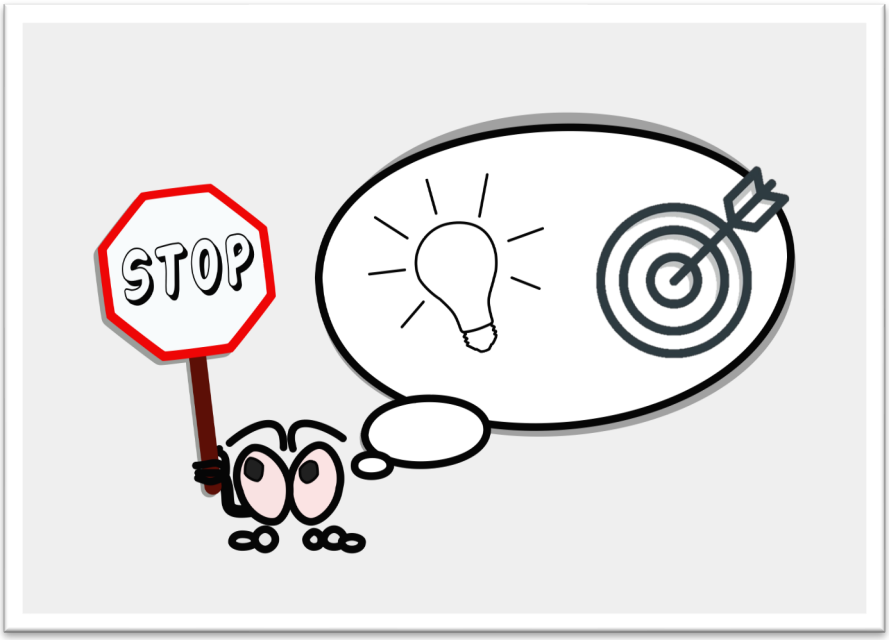
Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : …… - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	……	Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Comme cela a été discuté dans le cadre théorique (cf. 3.2.1.1. Les représentations), les productions des élèves en réponse à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » sont semblables à des représentations issues de la situation-problème posée à un moment donné. Notre démarche cherchant à favoriser la verbalisation de connaissances antérieures pour produire une meilleure hypothèse ou une meilleure interprétation, nous n'employons pas le terme « représentations ».

Au-delà du document de traces écrites, l'enseignant introduit les temps de pause à l'aide d'une affiche qu'il présente à la classe et qui est une forme de déclencheur pour entrer dans la démarche métacognitive. Cette démarche est vue comme un activateur de l'inhibition à vouloir répondre trop vite et un activateur à se mettre en pause. L'enseignant utilise systématiquement cette phrase « Stop ! Je me mets en pause, je ne vais pas trop vite. ». Cette affiche met en évidence les éléments suivants : Le panneau « STOP » précise qu'il convient de s'arrêter dans la démarche, de ne pas chercher à vouloir aller trop vite à l'étape suivante de la DI. La bulle provenant du petit personnage stylisé fait référence à la démarche qu'il convient de mener dans sa tête. Nous sommes bien dans une démarche métacognitive, il convient de prendre conscience de ses démarches mentales, connaissances mémorisées… Les deux symboles dans la bulle sont similaires aux symboles sur la feuille de traces des élèves. L'ampoule fait référence à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? », elle fait référence aux connaissances antérieures. La cible avec la flèche fait référence à la question « Comment atteindre mon objectif ? » et aux astuces pour formuler la meilleure réponse possible.

Figure 10. Affiche présentée aux élèves pour débuter la pause métacognitive



4.3.3.3. Situations-problèmes

Les DI présentées succinctement ci-dessous sont de deux types : les DI menées en classe avec les élèves et la DI de transfert dite de « La maison volante ». Le dispositif didactique prenant place dans le contexte de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, nous tendons vers la mise en œuvre de DI idéales et complètes. Néanmoins, au regard de la complexité de telles démarches, force est de constater qu'elles ne peuvent pas être mises en

œuvre de façon complète durant l'ensemble du cours de sciences. Nous acceptons dès lors d'appeler « démarche d'investigation » des démarches de complexité variable, ne répondant pas nécessairement à l'ensemble des étapes d'une DI complète. Comme nous l'avons précédemment mentionné, chaque DI peut être évaluée au regard de l'échelle d'authenticité de Cariou (2010).

DI menées en classe durant l'étude 2

La première DI, « Première approche qualitative de la force d'Archimède », a été conçue pour être menée durant vingt minutes de cours et est dotée d'un score de quatre sur dix. Au cours de cette DI, les élèves doivent répondre à la question « Comment se comportent ces corps lorsqu'ils sont immergés dans de l'eau ? Coulent-ils ou remontent-ils à la surface ? ». Ils comparent le comportement de plusieurs objets lorsqu'ils sont plongés dans un liquide. Certains objets sont laissés au choix des élèves, tandis que d'autres sont proposés par l'enseignante stagiaire afin de susciter un conflit cognitif (par exemple : pour certains élèves, dès qu'un corps est creux et comporte de l'air, celui-ci flotte à la surface de l'eau).

La deuxième DI, « Première approche quantitative de la force d'Archimède centrée sur la différence entre le poids réel et le poids apparent », a été conçue pour être menée durant trente minutes de cours et est dotée d'un score de six sur dix. Au cours de cette DI, les élèves répondent à la question « Comment varie le poids d'un corps lorsque ce dernier est dans l'air ou immergé dans l'eau ? ». Ils mesurent le poids de plusieurs corps dans l'air avant d'en mesurer le poids dans l'eau, afin d'en faire émerger la différence correspondant à la force d'Archimède.

La troisième DI, « Deuxième approche quantitative de la force d'Archimède centrée sur la détermination du poids de volume de fluide déplacé », a été conçue pour être menée durant trente minutes de cours et est dotée d'un score de quatre sur dix. Au cours de cette DI, les élèves répondent à la question « Lorsqu'un corps est immergé dans un fluide, à quoi correspond le poids du volume de fluide déplacé ? ». Ils sont amenés à comparer la force d'Archimède subie par un corps immergé dans l'eau (selon la méthode découverte lors de la DI précédente) et le poids du volume de fluide déplacé (dans ce cas, de l'eau), afin de mettre en exergue le point commun pour en faire émerger le principe.

La quatrième DI, « Détermination des facteurs influençant la force d'Archimède » a été conçue pour être menée durant deux heures de cours et est dotée d'un score de dix sur dix. Au cours de cette DI durant laquelle les élèves construisent l'ensemble du raisonnement pour obtenir des résultats pertinents, les élèves doivent créer des dispositifs expérimentaux pour vérifier les facteurs qui influencent la force d'Archimède. Ils répondent à la question « Quels sont les facteurs influençant la force d'Archimède ? ».

La DI dite de « La maison volante » a été abordée comme un réinvestissement des notions vues en classe (telle une activité de transfert). Face à une problématique innovante et complexe, les élèves répartis en groupe ont dû lire des documents, en extraire les données, les mettre en lien avec leurs connaissances nouvellement acquises et produire une réponse

structurée, argumentée et étayée sur base des formules mathématiques apprises. Ce dispositif a été conçu pour être mené durant deux heures de cours et est doté d'un score de dix sur dix.

La cinquième DI est réalisée après le chapitre sur la force d'Archimède. Elle prend place pour découvrir la pression hydrostatique. Les élèves doivent répondre à la question « Que se passe-t-il lorsque la main placée dans un sac est plongée sous l'eau ? Pourquoi ? ». Durant cette démarche, les élèves sont amenés à ressentir la pression de l'eau agissant sur sac en plastique dans lequel est glissée leur main. Le sac en plastique vient se plaquer contre leur main. Cette DI ne porte pas sur la poussée d'Archimède, mais a donné lieu à la mise en place d'une ou plusieurs pauses métacognitives.

Physique des fluides, « la maison volante », DI de transfert

Le document est présenté en annexe (cf. Annexe 3).

La situation-problème dite de « La maison volante » porte sur un célèbre film d'animation dans lequel une maison est arrachée du sol par des milliers de ballons de baudruche multicolores afin de s'envoler vers l'Amérique du Sud. Pour débuter cette situation-problème, la bande-annonce du film est diffusée aux élèves. Un portfolio est créé et est scindé en deux parties. La première partie est la structure de la démarche d'investigation sous forme d'énoncés, de questions, auxquels doivent répondre les élèves. Il leur est demandé de respecter l'ordre des questions, afin de respecter une certaine progression dans la DI. Néanmoins, comme dans une véritable DI, il peut y avoir des aller-retours entre les étapes. Si les élèves reviennent sur une étape précédente à laquelle ils avaient déjà apporté une réponse, il leur est demandé de compléter leur réponse dans une autre couleur afin de constater les améliorations apportées. La deuxième partie du portfolio est constituée d'une vingtaine de pages d'informations sélectionnées sur internet et portant sur la problématique de cette maison qui s'envole. Les informations portent sur le volume des ballons, le nombre de ballons modélisés par les dessinateurs du dessin animé mais également les dimensions de la maison et sa masse estimée. Grâce à l'ensemble de ces documents, les élèves sont capables de passer par toutes les étapes de la DI et d'apporter une réponse structurée à la question qu'ils formulent au départ au regard de la situation-problème présentée.

La situation-problème « La maison volante » est réalisée par groupe de trois élèves et durant 2 périodes consécutives.

La DI réalisée par les élèves donne lieu à un dispositif de collecte de données spécifique. Durant celle-ci, nous filmons un groupe d'élèves de la classe. La vidéo réalisée est analysée afin d'y déceler si les élèves ont mis en œuvre les pauses métacognitives entrainées ou s'ils ont activé une tout autre stratégie métacognitive. Dans un second temps, le groupe filmé est invité à vivre un temps d'autoconfrontation en observant certains moments clés de leur travail de groupe et à répondre à des questions soulevées à la suite de l'analyse de la vidéo de leur travail.

Par ailleurs, la production réalisée de la DI « La maison volante » est également évaluée. Pour ce faire, les deux enseignants évaluateurs ont imaginé individuellement une grille d'évaluation de la production des élèves. Ils ont croisé leurs idées pour obtenir une grille

d'évaluation commune. Cette grille est structurée selon les étapes de la DI pour lesquelles les élèves ont dû garder des traces écrites. Celles-ci sont analysées au regard des critères choisis par les enseignants. Ils ont alors évalué individuellement chaque production des groupes d'élèves. Enfin, ils ont croisé leurs évaluations personnelles pour obtenir une évaluation commune et attribuer un score sur dix à la production. Les résultats obtenus sont alors mis en relation avec les données filmées.

Figure 11. Illustration de la page d'introduction de la situation-problème « La maison volante »

4.3.3.4. *Questionnaires à destination des élèves au terme du dispositif*

Au terme de l'étude menée, nous proposons aux élèves de compléter un questionnaire portant sur le dispositif vécu. L'objectif de ce questionnaire est de donner la parole à chacun sur le dispositif. Les élèves ont l'opportunité d'exprimer leurs ressentis et de critiquer le dispositif. Ces questionnaires proposent des questions ouvertes donnant un espace d'expression libre aux élèves. Ils disposent également d'items à échelle de Likert (à quatre niveaux) face auxquels les élèves doivent se positionner. Grâce à ces échelles, nous pouvons donner des tendances chiffrées sur les sujets questionnés. Le questionnaire est présenté en annexe (cf. Annexe 6).

4.4. Étude 3

Fort des résultats de l'étude 2, l'étude 3 intègre l'amélioration du dispositif didactique au niveau des pauses métacognitives pour favoriser le développement de la pensée critique et

elle l'enrichit de l'apport de l'entrainement du contrôle inhibiteur. Elle s'adresse à dix fois plus d'élèves et propose trois fois plus de situations intégrant des pauses métacognitives.

En accord avec les propos de Potvin (2018), nous soutenons que la répétition de la démarche entreprise favorise le développement d'automatismes. C'est pourquoi cette étude 3 est dite longitudinale et s'organise durant une année scolaire (soit 32 semaines de dispositif).

L'étude 3 repose donc sur un dispositif didactique dans l'enseignement des sciences fondé sur la démarche d'investigation dans laquelle prennent place deux pauses métacognitives. De plus, par rapport à l'étude 2, le dispositif proposé est complété par un entrainement du contrôle inhibiteur des élèves à l'aide d'une plateforme en ligne.

L'étude 3 est une recherche longitudinale mixte avec un volet quantitatif et un volet qualitatif.

Le tableau suivant présente le déroulement du dispositif didactique pour les quatre groupes de recherche durant l'année scolaire 2022-2023.

Tableau 6.Déroulement du dispositif didactique et groupes participant à la recherche longitudinale

		Groupe « DI »	Groupe « DI + Méta »	Groupe « DI + CI »	Groupe « DI + Méta + CI »
Nombre d'élèves		71	78	65	81
Prétest CCTT et CI		**X**	**X**	**X**	**X**
40 entrainements du CI				X	X
16 DI	Sans pause métacognitive	X		X	
	Avec pauses métacognitives préalables à l'émission des hypothèses et pauses métacognitives préalables à la phase d'interprétation		X		X
Situation-problème « La maison volante »		**X**	**X**	**X**	**X**
Situation-problème « La réaction de neutralisation »		**X**	**X**	**X**	**X**
Évaluation du dispositif a posteriori et post-test CCTT et CI		**X**	**X**	**X**	**X**
Situation-problème « Le courant électrique »		**X**	**X**	**X**	**X**

X : étape du dispositif réalisée par les groupes d'élèves.

X en gras : étape du dispositif donnant lieu à des résultats.

Groupe « DI » : Groupe d'élèves vivant des démarches d'investigation seules.

Groupe « DI + Méta » : Groupe d'élèves vivant des démarches d'investigation et des pauses métacognitives.

Groupe « DI + CI » : Groupe d'élèves vivant des démarches d'investigation et un entrainement hebdomadaire du contrôle inhibiteur.

Groupe « DI + Méta + CI » : Groupe d'élèves vivant des démarches d'investigation, des pauses métacognitives et un entrainement hebdomadaire du contrôle inhibiteur.

4.4.1. Type de recherche et modalité d'analyse

Face à la richesse du dispositif et aux multiples regards que l'on peut y porter, une méthode mixte s'impose comme une approche méthodologique pertinente. Celle-ci consiste à combiner des données quantitatives et qualitatives dans notre étude afin d'en tirer des interprétations enrichies par la complémentarité des deux approches.

Par son approche en deux temps, cette étude permet d'approfondir les résultats quantitatifs par une lecture plus contextuelle, de comparer différentes perspectives et d'évaluer l'impact de dispositifs complexes dans des contextes variés.

Parmi les différents designs existants, nous sélectionnons le modèle séquentiel explicatif. Ce modèle se déroule en deux phases successives. Il commence par une collecte de données quantitatives, qui est ensuite approfondie par une seconde phase qualitative. Cette dernière vise à expliquer les résultats quantitatifs initiaux. Ainsi, la partie qualitative n'est pas indépendante : elle se construit à partir des résultats issus de l'analyse statistique. Dans notre cas, cette partie cible le groupe particulier d'élèves ayant vécu l'ensemble du dispositif (des pauses métacognitives et de l'entrainement du contrôle inhibiteur), suite aux résultats constatés, contraires aux hypothèses formulées (cf. 5.4. Étude 3, influence des pauses métacognitives et du contrôle inhibiteur sur le développement de la pensée critique, approche qualitative).

Ce design nous permet de mieux comprendre les résultats statistiques obtenus par triangulation des données.

L'approche quantitative repose sur des analyses statistiques réalisées à l'aide du programme SPSS. Ces analyses sont d'ordre descriptif et inférentiel (à l'aide de tests de comparaison et de corrélation).

L'approche qualitative repose sur une analyse multi-cas focalisée sur cinq élèves emblématiques. Plusieurs données sont croisées afin d'en extraire une compréhension fine : les traces écrites lors des pauses métacognitives, les verbatims d'entretiens semi-directifs, les réponses à un questionnaire réalisé a posteriori, les traces écrites lors de situations-problèmes complémentaires, mais également les verbatims d'enseignants encadrant ces élèves.

4.4.2. Sous-questions de recherche et hypothèses

Dans son volet quantitatif, cette étude a pour objectif de répondre à la question centrale : Comment la pensée critique des élèves est-elle influencée par l'intégration de pauses métacognitives dans la démarche d'investigation et/ou l'entrainement du contrôle inhibiteur ?

Pour répondre à cette question, nous émettons les hypothèses suivantes.

Le score de pensée critique du CCTT du groupe d'élèves vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur (groupe 4) évolue le plus par rapport aux autres groupes. En mettant en place une démarche globale visant un entrainement à un « macroprocessus », la pause métacognitive, et un entrainement à un « microprocessus », le contrôle inhibiteur, le développement de la pensée critique est le plus important.

Le score de pensée critique des élèves du groupe contrôle progresse le moins par rapport aux autres groupes de recherche. Sans entrainement spécifique, nous pensons que la pensée critique de ce groupe évolue tout au long de l'année reflétant l'effet de l'école en général et de l'évolution des élèves grandissants, en général.

Le score de pensée critique et en particulier, de la sous-compétence « Déduction » des élèves les moins performants initialement au CCTT, progresse dans les groupes 2 (CI), 3 (M) et 4 (M+CI). Nous supposons que le dispositif étant plus long, les élèves les plus faibles

initialement ont davantage de temps pour prendre des habitudes et s'accoutumer au dispositif. Il n'est dès lors plus une étape supplémentaire complexe à gérer, comme lors de l'étude 2 durant 5 semaines, mais un élément normal de l'ensemble de la didactique des sciences, vécu durant une année entière.

Le score au CE1D de sciences et l'option scientifique choisie sont en lien avec le score de pensée critique initial. Les élèves présentant un score plus élevé au CE1D de sciences s'engagent davantage dans l'option scientifique « Sciences générales ». Ces élèves sont davantage impliqués dans leur scolarité, mobilisent davantage leurs connaissances antérieures et obtiennent dès lors un meilleur score de pensée critique initial. Cette hypothèse est soutenue par le propos de Farina et Pasquinelli (2019) précisant que le développement de la pensée critique se fonde sur des connaissances préalables dans le domaine considéré.

Le score de pensée critique est influencé par le genre de l'élève : les garçons pourraient présenter une évolution plus marquée que les filles. Bien que les résultats antérieurs du CCTT (Ennis et al., 2005) et plusieurs méta-analyses (Abrami et al., 2008 ; Lai, 2011) ne relèvent pas de lien systématique entre genre et pensée critique, cette hypothèse est envisagée par analogie avec les écarts de performance observés en mathématiques et en sciences à l'adolescence entre les filles et les garçons (OCDE, 2020 ; Mercier-Brunel, 2023).

Cette étude, dans son volet quantitatif, permet de mettre en évidence une mesure d'effet grâce aux scores au CCTT, mais également la relation statistique entre le groupe de recherche et le développement de la pensée critique, et également les dimensions de la pensée critique, le contrôle inhibiteur, le genre des élèves, l'option scientifique choisie ou encore leurs performances au CE1D et au CCTT.

L'approche qualitative, intervenant après l'approche quantitative, est réalisée afin d'apporter une compréhension aux résultats quantitatifs. Cette partie qualitative porte spécifiquement sur des élèves ayant vécu l'ensemble du dispositif de recherche (les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur). Dans son volet qualitatif, la sous-question de recherche posée est

Comment les élèves se sont-ils appropriés le dispositif didactique vécu ?

Notre hypothèse est que nous allons observer une différence d'implication dans le dispositif en fonction de l'implication générale dans la scolarité. Nous pensons que le dispositif est d'autant plus bénéfique lorsque les élèves s'impliquent dans sa mise en œuvre.

Dans l'étude quantitative, notre hypothèse est que le groupe 4 (M+CI) est celui qui révèle la plus forte progression, car c'est celui qui suit le dispositif le plus complet. Or, nous relevons que ce groupe n'est pas celui qui progresse le mieux, au contraire. Nous soulevons alors la question suivante :

Comment se fait-il que les élèves du groupe 4 (M+CI) ne soient pas ceux qui progressent le plus alors que ce sont eux qui ont vécu le dispositif le plus complet ?

Notre hypothèse est que le dispositif proposé est trop lourd à mettre en place et qu'à force de faire vivre un dispositif couteux intellectuellement parlant aux élèves, il y a un

désengagement de leur part avec une perte de sens. Nous sommes conscients que si les élèves ne s'impliquent pas dans le dispositif, celui-ci ne conduira pas à des résultats tangibles et bénéfiques.

4.4.3. Outils

Comme précisé précédemment, seuls les outils spécifiques à cette troisième étude sont détaillés.

4.4.3.1. Cornell Critical Thinking Test

L'étude 3 repose sur une évaluation de la pensée critique à l'aide du CCTT déjà exploité lors de l'étude afin de mesurer l'effet du dispositif sur cette dernière.

4.4.3.2. Documents de traces lors des pauses métacognitives

Le document pour collecter les traces écrites lors des pauses métacognitives a fait l'objet d'une évolution durant l'étude 2. La version utilisée lors l'étude 3 est restée inchangée durant toute la durée de celle-ci.

4.4.3.3. Situations-problèmes

Les DI présentées succinctement ci-dessous sont de deux types : les DI menées en classe avec les élèves et les trois DI dites de transfert, une en physique qui est en lien direct avec les DI précédentes en termes de contenus (la maison volante), une en chimie qui permet alors d'analyser si un transfert à moyen terme a pu s'opérer (chapitre « neutralisation » qui suit celui de la physique des fluides) et une dernière en physique (situation proposée aux élèves un an après avoir vécu le dispositif) qui permet alors d'analyser si un transfert à long terme a pu s'opérer.

DI menées en classe durant l'étude 3

DI 1 : L'électrolyse de l'eau. Cette DI porte sur l'analyse et la compréhension de l'expérience de l'électrolyse de l'eau avec un voltamètre d'Hofmann. Elle intervient dans le premier chapitre de chimie.

DI 2 : L'expérience de Torricelli. Cette DI porte sur l'observation d'une vidéo présentant l'expérience de Torricelli et mettant en évidence l'effet de la pression atmosphérique.

DI 3 : L'expérience de « La main dans le sac ». Cette DI porte sur une expérience ressentie consistant à mettre sa main dans un sac en plastique et de la plonger dans de l'eau sans que celle-ci ne rentre dans le sac. Le sac se comprimant sur la main illustre l'effet de la pression hydrostatique.

DI 4 : Rallye d'expériences sur les facteurs de la pression hydrostatique. Durant cette DI, les élèves conçoivent des expériences pour vérifier leurs hypothèses concernant les facteurs influençant la pression hydrostatique.

DI 5 : L'expérience du poids réel et du poids apparent. Cette DI est une première approche chiffrée de la force d'Archimède. En découvrant les concepts de poids réel et poids apparent, les élèves peuvent en déduire la valeur de la force d'Archimède.

DI 6 : L'expérience du volume d'eau déplacé. Cette DI illustre la définition de la force d'Archimède et établit le lien entre cette dernière et le poids du volume de fluide déplacé.

DI 7 : Rallye d'expériences sur les facteurs de la force d'Archimède. Durant cette DI, les élèves conçoivent des expériences pour vérifier leurs hypothèses concernant les facteurs influençant la force d'Archimède.

DI 8 : La Maison volante. Cette DI de réinvestissement porte sur la force d'Archimède dans le cas particulier d'un corps dans l'air (dans un gaz et non dans un liquide).

DI 9 : L'expérience des pistons de seringues. Cette DI a pour objectif de permettre la découverte du principe de Pascal et de la conservation de la pression dans les liquides.

DI 10 : Expériences d'électrostatique. Cette DI porte sur plusieurs expériences d'électrostatique laissées au choix des élèves afin de découvrir les forces attractive et répulsive en électrostatique.

DI 11 : Expérience de la paille chargée. Cette DI porte sur un phénomène d'électrostatique et s'intéresse à la mise en évidence des charges électriques et les forces qui en découlent.

DI 12 : L'expérience de l'électroscope. Durant cette DI, les élèves sont amenés à découvrir le fonctionnement d'un électroscope ainsi que les concepts d'isolant et conducteur électrique.

DI 13 : Circuit en série et en parallèle. Cette DI porte sur le courant continu et le principe de fonctionnement des circuits électriques montés en série ou en parallèle.

DI 14 : Les tests détecteurs. En biologie, lors du chapitre sur l'alimentation, cette DI est conçue de façon à découvrir les rôles de différents tests détecteurs de molécules présentes dans les aliments.

DI 15 : Les constituants de mon menu. Une fois que les élèves ont découvert les différents tests détecteurs utilisés dans le cadre du cours, cette DI leur permet d'employer ces tests détecteurs avec des aliments composant un menu afin d'y déceler certaines molécules qui les composent et d'en conclure quelques grandes familles d'aliments.

DI 16 : Laboratoire, l'action de la salive : Durant cette DI, les élèves sont amenés à découvrir à quoi sert la salive dans le processus de digestion.

DI 17 : Laboratoire, un paramètre influençant la décomposition de l'amidon : Dans cette DI, les élèves expérimentent le facteur température influençant la dégradation de l'amidon par l'amylase.

Bien que toutes ces DI aient été sélectionnées pour mettre en place des pauses métacognitives, toutes ces DI n'ont pas été réalisées dans tous les groupes classes par manque de temps suite à des contraintes organisationnelles.

Physique des fluides, « la maison volante », DI de transfert

Cette situation-problème est identique à celle utilisée lors de l'étude 2 (cf. 4.3.3. Situations-problèmes et Annexe 3).

Chimie, la neutralisation, DI de transfert à moyen terme

La situation-problème en chimie portant sur la notion de neutralisation est réalisée au terme de l'année scolaire et prend place juste après la fin du dispositif didactique de l'étude 3. Le document est présenté en annexe (cf. Annexe 4).

Cette situation-problème est contextualisée de la façon suivante.

« L'estomac utilise des sucs gastriques (eau, chlorure d'hydrogène et enzymes) pour dégrader la nourriture que nous ingérons. Pour le protéger de l'action de ces sucs sur sa propre paroi, il est recouvert d'une muqueuse très épaisse. La régénération de cette muqueuse peut être perturbée et une lésion peut apparaitre. Ce « trou » dans la paroi de l'estomac est appelé un ulcère. Le lait de magnésie (hydroxyde de magnésium) est parfois prescrit à faible dose comme antiacide pour neutraliser l'acidité stomacale. Il réagit avec le chlorure d'hydrogène pour former du chlorure de magnésium. Imagine une expérience permettant de vérifier cette réaction de neutralisation qui se produit dans l'estomac lorsque l'on met ces deux substances en présence. Aide-toi du document sur les indicateurs colorés et leur zone de virage. »

La situation étant posée, par groupe de deux, les élèves doivent concevoir un rapport de laboratoire hypothétique, imaginer le matériel nécessaire, le mode opératoire à mettre en œuvre ainsi que les observations prédictives. Les élèves disposent d'une à deux périodes de cours pour réaliser cette tâche.

La trace produite pour résoudre la situation-problème ne fait pas l'objet d'une évaluation stricte, mais est utilisée comme un matériau lors de l'analyse qualitative de l'étude 3. Il s'agit de mettre en lien l'expression écrite des élèves avec une quelconque démarche métacognitive éventuellement réalisée. Sachant que les élèves disposent de toutes les informations nécessaires pour rédiger un rapport de laboratoire cohérent, nous souhaitons observer s'ils résistent à un raisonnement bref et peu réfléchi. En effet, au regard de l'énoncé, les élèves comprennent qu'ils doivent utiliser un indicateur coloré et ils sont capables d'identifier rapidement lequel est utilisé pour mettre en évidence une neutralisation. Néanmoins, l'énoncé étant de « vérifier la neutralisation », les élèves ne doivent pas simplement verser l'indicateur coloré dans le mélange, ils doivent mettre en évidence qu'il convient d'atteindre un pH de 7 (neutre). Cette mise en évidence de la neutralisation passe par une formulation précise de leur mode opératoire et nécessite de prendre un temps de réflexion non négligeable. Une fois la DI réalisée et discutée, les élèves réalisent l'expérience proposée et appliquent le mode opératoire qu'ils ont formulé.

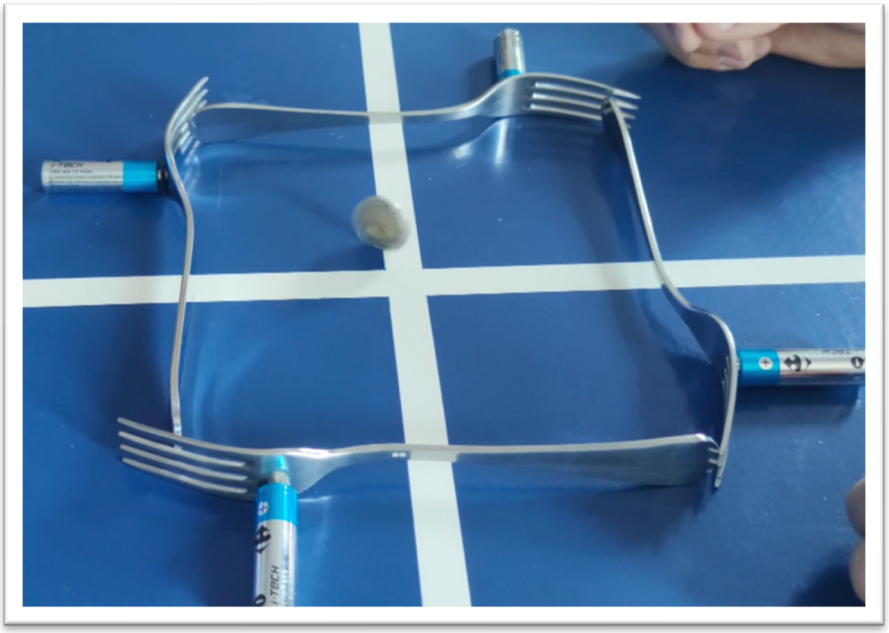
Électricité, le courant électrique, DI de transfert à long terme

Cette situation-problème est utilisée dans le contexte de l'étude 3, un an après la fin du dispositif didactique.

Lorsque tous les élèves de l'échantillon se trouvent en 4e année, nous leur soumettons une nouvelle situation-problème. Cette situation-problème a pour objectifs de vérifier ce dont ils se souviennent quant aux notions d'électricité vues un an plus tôt, de mettre en évidence l'activation du contrôle inhibiteur (s'ils réfrènent une réponse rapide erronée et réussissent à l'inverse à en formuler une plus réfléchie), et de vérifier s'ils sont encore capables d'expliciter leur raisonnement comme lors du dispositif vécu. Pour atteindre ces objectifs, la situation-problème est la suivante.

Une vidéo accessible sur internet est diffusée. La vidéo présente un pseudo phénomène d'électricité où une pièce métallique se met à tourner sur elle-même lorsqu'elle est entourée de quatre fourchettes métalliques en contact et auxquelles sont connectées quatre piles.

Figure 12. Illustration de l'expérience présentée aux élèves



Après avoir observé la vidéo de l'expérience, les élèves doivent compléter un document en répondant à quatre questions. La première question porte sur la formulation de questions à la suite de l'observation de la vidéo. La deuxième question porte sur leurs représentations initiales, leurs connaissances antérieures, pour aborder cette expérience. La troisième question porte sur l'interprétation qu'ils font de l'expérience en utilisant leurs connaissances en électricité. La quatrième question porte sur la démarche qu'ils ont mise en œuvre pour analyser cette vidéo et répondre aux questions posées ainsi que sur leurs souvenirs de la démarche vécue l'année précédente.

L'expérience est présentée comme une expérience surprenante. Afin de prouver qu'il ne s'agit pas d'une création personnelle et qu'il s'agit bien d'une vidéo accessible à tous, la vidéo diffusée montre comment la vidéo de l'expérience est trouvée sur YouTube[2]. Après la diffusion de l'expérience, il est demandé aux élèves d'expliquer l'expérience. Il n'est pas précisé que la vidéo est mensongère. Pourtant, bien que la vidéo existe bel et bien sur YouTube, l'expérience est fausse et induit volontairement les internautes en erreur. En effet, cette vidéo présente l'expérience comme « à refaire chez soi pour amuser la famille », mais est en réalité une vidéo truquée ; il s'agit d'une pièce que l'on fait volontairement tourner. Pour ce faire, la vidéo est montée à l'envers et elle est coupée au bon moment afin de ne pas voir la main qui met la pièce en mouvement.

Les élèves répondent aux questions posées individuellement. Ils disposent d'une vingtaine de minutes pour y répondre. Ce test est réalisé durant les cours de sciences par les différents enseignants donnant cours en 4e année. Ils ont pour consigne de ne pas aider les élèves dans leur démarche ni même d'en discuter après (car toutes les classes ne réalisent pas ce test au même moment).

4.4.3.4. Entrainement du contrôle inhibiteur

Souhaitant mettre en évidence l'influence du contrôle inhibiteur sur le développement de la pensée critique, il convient que l'on puisse obtenir une mesure de cette influence. Le contrôle inhibiteur étant la fonction exécutive relative à « résister à vouloir apporter une réponse dominante », il s'entraine en réalisant des tâches où une réponse dominante doit être réfrénée (Houdé et Borst, 2022). Nous proposons d'utiliser le test de Stroop.

> Le test de Stroop [est un test] au cours duquel le participant voit s'afficher sur un écran des noms de couleurs, eux-mêmes écrits en couleur : par exemple, le mot JAUNE écrit en vert ou le mot ROUGE écrit en rouge. L'exercice consiste simplement à nommer le plus vite possible la couleur des lettres, ce qui trouble considérablement les personnes qui savent bien lire quand le mot écrit à l'écran n'est pas celui de la couleur des lettres (le mot JAUNE écrit en vert, par exemple). Car spontanément, un bon lecteur lit et prononce mentalement ou oralement le mot qui s'affiche sous ses yeux selon un processus très automatisé de conversion graphophonémique. Pour réussir le test de Stroop, ce lecteur doit s'efforcer d'inhiber le processus spontané de lecture pour prononcer à la place le nom de la couleur : « vert » et non « jaune ». (Houdé et Borst, 2022, p. 218)

Comme nous l'avons décrit au chapitre précédent (cf. 3.4.1. Les fonctions exécutives), le RCS (*Rate Correct Score*), le taux de réponses correctes, est une valeur qui peut être utilisée avec le test de Stroop pour évaluer le contrôle inhibiteur. Le RCS est le rapport entre le nombre de réponses correctes et la somme de tous les temps de réponse.

Le test de Stroop étant un test de rapidité pour lequel il convient de mesurer le temps de réponse en millisecondes, il est nécessaire d'utiliser un outil informatique pour en récupérer

[2] https://www.youtube.com/watch?v=mAhhyK8lkT8

des données exploitables. Par ailleurs, l'utilisation d'un outil informatique permet d'automatiser la collecte de données (temps, réponses correctes et erreurs) pour un grand nombre de stimuli et un grand nombre d'élèves.

Le test de Stroop est ainsi réalisé en partenariat avec la plateforme numérique « J'apprends autrement », développée par l'ASBL du même nom. Cette plateforme permet aux élèves de passer le test de Stroop (et d'autres) en ligne et d'en récolter les mesures enregistrées sur un serveur. Une convention a été signée entre la plateforme « J'apprends autrement », l'Université de Namur et l'UCLouvain. En s'appuyant sur les travaux de Cédric Vanhoolandt (2023), ce partenariat a permis de mettre en place un protocole détaillant l'administration des tests de Stroop, notamment sous forme de prétests, post-tests et entrainements répétés hebdomadaires.

L'un des aspects novateurs de cette plateforme repose sur la diversification des tests de Stroop, développée par Pierre-Yves Druard et Cédric Vanhoolandt. En plus du test de Stroop classique (associant noms de couleurs et couleurs discordantes), des versions adaptées ont été conçues, intégrant des éléments mathématiques, comme un test comparant des fractions pour déterminer laquelle est la plus grande ou la plus petite ou encore un test présentant des nombres à valeur décimale, soumis à une comparaison similaire.

La recherche s'inscrit dans un partenariat évolutif, où les résultats obtenus grâce à cette plateforme ont permis d'en affiner ses fonctionnalités. À ce jour, Pierre-Yves Druard continue de développer *J'apprends autrement* et son outil associé, le *Neuro-Coach*, afin d'optimiser l'accompagnement des élèves.

Par ailleurs, nous sommes conscients qu'à l'aide d'un test de Stroop nous prenons la mesure du contrôle inhibiteur des élèves dans une situation décontextualisée d'une démarche didactique en sciences. De cette façon, il est intéressant d'observer si un tel entrainement du contrôle inhibiteur influence la pensée critique, la réalisation d'une démarche d'investigation en sciences ou encore l'entrée dans une démarche métacognitive.

4.4.3.5. Entretiens semi-directifs

Durant l'étude 3 et dans le cadre d'une étude de prolongement, une dizaine d'élèves ont participé à des entretiens semi-directifs portant sur le dispositif des pauses métacognitives intégrées aux démarches d'investigation. Les élèves s'y expriment sur leur vécu des pauses métacognitives. Nous utilisons précisément ces données pour alimenter la partie qualitative multi-cas de l'étude 3. Le questionnaire est présenté en annexe (cf. Annexe 5).

4.4.3.6. Questionnaires à destination des élèves au terme du dispositif

De façon comparable au questionnaire soumis au terme de l'étude 2, nous proposons aux élèves de compléter un questionnaire portant sur le dispositif vécu. L'objectif de ce questionnaire est de donner la parole à chacun sur le dispositif. Les élèves ont l'opportunité d'exprimer leur ressenti et de critiquer le dispositif. Ces questionnaires disposent de questions ouvertes donnant un espace d'expression libre aux élèves. Ils disposent également d'items à

échelle de Likert (à quatre niveaux) face auxquels les élèves doivent se positionner. Grâce à ces échelles, nous pouvons donner des tendances chiffrées sur les sujets questionnés. Le questionnaire est présenté en annexe (cf. Annexe 7).

4.4.3.7. Évaluations en milieu scolaire

Au-delà d'une évaluation spécifique portant sur la poussée d'Archimède lors de l'étude 2, nous utilisons deux évaluations certificatives importantes lors de l'étude 3 : le CE1D de sciences réalisé en fin de 2e année et l'examen de sciences de 3e année et ce, afin de voir s'il existe une corrélation entre l'évolution des capacités de la pensée critique et les scores obtenus à ces différentes évaluations.

CE1D de sciences

Préalablement à l'explication de ce qu'est le CE1D, il est nécessaire de préciser que l'enseignement en Fédération Wallonie-Bruxelles est en pleine transformation. Les informations précisées ci-après sont valables pour expliquer le contexte scolaire au moment des études réalisées.

L'enseignement secondaire en Belgique francophone se structure en trois degrés (l'enseignement secondaire est destiné aux les élèves de 12 à 18 ans). Le premier degré correspond aux deux premières années du secondaire , que les élèves de 12 à 14 ans entament après six années d'enseignement primaire. Le premier degré est qualifié de « commun », car il permet à tous les élèves, quels que soient leurs choix ultérieurs, de suivre deux années communes d'enseignements généraux.

Le Certificat d'Études du Premier Degré (CE1D) est une épreuve externe commune organisée par la Fédération Wallonie-Bruxelles (FWB) dans l'enseignement secondaire belge francophone et ayant lieu au terme de ces deux années communes. Il s'agit d'un moment d'évaluation important dans le parcours scolaire des élèves, visant à valider certaines compétences clés acquises au cours de ces deux premières années.

En effet, l'un des principaux objectifs du CE1D est de vérifier si les élèves ont atteint les compétences attendues telles que définies par le décret « Missions » de 1997 (Communauté française, 1997). Ce décret, qui constitue le cadre légal de l'enseignement en Belgique francophone, stipule que chaque élève doit acquérir un ensemble de compétences de base afin de devenir un citoyen responsable, ayant confiance en soi, capable d'apprendre tout au long de la vie et capable d'intégrer la société de manière active. Parmi ces compétences, on retrouve les connaissances fondamentales en français, en mathématiques, en sciences et en langue moderne. Dans ce contexte, le CE1D, organisé par un décret de 2006 (Communauté française, 2006), ne se contente pas d'évaluer des savoirs théoriques de ces quatre disciplines. Il s'intéresse également aux savoir-faire et aux compétences des élèves à mobiliser les concepts appris dans des situations concrètes. Ce certificat a également une volonté d'orientation des élèves. Son objectif étant de vérifier si les élèves ont acquis les compétences minimales nécessaires pour entamer le deuxième degré de l'enseignement secondaire, si le

CE1D n'est pas réussi, l'élève ne peut pas choisir le type d'enseignement qu'il suivra en 3e année (Fédération Wallonie-Bruxelles, s. d.a).

Le CE1D se déroule au mois de juin, sur plusieurs jours. Les épreuves sont élaborées par une commission externe à l'école, composée d'enseignants, d'inspecteurs et d'experts pédagogiques. Cela garantit une certaine objectivité dans l'évaluation et permet de réduire les différences de traitement évaluatif entre établissements scolaires.

Le CE1D est un outil critiquable. Apprécié par certains acteurs de l'éducation pour son rôle dans l'harmonisation des évaluations à l'échelle de la Fédération Wallonie-Bruxelles, il permet d'avoir une vision d'ensemble des compétences acquises par les élèves. En outre, il favorise une plus grande équité de traitement entre les élèves, en offrant une base commune d'évaluation. À l'inverse, certains enseignants estiment qu'il met une pression excessive sur les élèves, qui sont souvent confrontés à des épreuves qu'ils perçoivent comme étant difficiles. De plus, le caractère standardisé de l'évaluation est parfois contesté. Certains experts en pédagogie estiment qu'une évaluation trop uniformisée ne prend pas suffisamment en compte les spécificités individuelles des élèves, notamment ceux qui éprouvent des difficultés particulières ou qui bénéficient de plans d'accompagnement spécifiques (Mons, 2009). Par ailleurs, le niveau de difficulté du CE1D est régulièrement critiqué par les enseignants. Les détracteurs de cet outil argumentent qu'il s'agit d'un outil de l'état créé pour favoriser une réussite massive et ainsi réduire les coûts du redoublement.

En 2014, le gouvernement de la Fédération Wallonie-Bruxelles a lancé le chantier du Pacte pour un Enseignement d'Excellence (Fédération Wallonie-Bruxelles, s. d.b). Cette réforme majeure de l'enseignement obligatoire est toujours en cours et est source de nombreuses transformations. C'est ainsi que, depuis septembre 2020, le tronc commun est entré en vigueur. Au travers du Pacte pour un Enseignement d'Excellence, les politiques éducatives soutiennent la mise en œuvre d'un continuum pédagogique de la 1ère maternelle à la 3e secondaire. L'entrée en vigueur du tronc commun dans l'enseignement secondaire est prévu pour la rentrée scolaire 2026 pour la 1ère année secondaire et la rentrée scolaire 2028 pour la 3e année secondaire. Dans cette nouvelle approche, les trois premières années de l'enseignement secondaire composeront le degré inférieur, tandis que les années suivantes (4e, 5e et 6e – voire 7e) composeront le degré supérieur. Dans le Tronc Commun, le CE1D n'existera plus sous sa forme actuelle. À l'inverse, un Certificat de fin de Tronc Commun (CTC) sera mis en place en fin de 3e année. Les modalités de mise en œuvre de ce certificat ne sont pas encore connues au moment de la rédaction de cette thèse, mais ce certificat remplirait un rôle similaire au CE1D et serait construit de façon comparable.

Le CE1D étant encore appliqué au moment de cette recherche doctorale, nous avons utilisé des résultats obtenus par les élèves lors de cette épreuve, en particulier leurs résultats en sciences et ce, pour plusieurs raisons. Portant notre attention sur la didactique des sciences, il nous semblait pertinent de recueillir les données liées spécifiquement à ce cours. Par ailleurs, nous nous proposons de tester l'hypothèse formulée à partie de l'idée de Farina et Pasquinelli (2019) proposant que la maitrise de connaissances est nécessaire pour développer une pensée critique. Considérant que le CE1D est révélateur des connaissances antérieures

en sciences, il nous parait intéressant de vérifier s'il existe une corrélation entre le résultat de sciences à cette épreuve et le résultat au CCTT en prétest. Notre hypothèse étant que plus les élèves ont un résultat élevé au CE1D, plus le résultat au CCTT sera élevé.

Examen de fin d'année

Parallèlement à l'utilisation du CE1D de sciences comme prétest, nous proposons d'utiliser l'examen de sciences de fin de 3e année comme post-test. En particulier, nous proposons d'utiliser son résultat pour caractériser les élèves participant à l'étude de cas.

L'examen de sciences est élaboré par les enseignants en sciences de 3e année. Il a pour objectif d'évaluer les connaissances, applications et tâches complexes dans les matières étudiées par les élèves entre janvier 2023 et juin 2023. En utilisant le résultat obtenu à cette épreuve, nous souhaitons observer un lien éventuel entre la réussite du cours de sciences et le vécu du dispositif mis en œuvre.

Chapitre 5

Partie empirique

Présentation des trois études réalisées

La première étude est une recherche exploratoire portant sur les représentations des enseignants sur la pensée critique. Grâce aux réponses obtenues par questionnaires, les 258 enseignants répondants confirment avoir une représentation lacunaire de ce qu'est la pensée critique et soulèvent la nécessité de s'outiller pour favoriser son développement en classe.

La seconde étude permet d'expérimenter le dispositif créé en se focalisant sur la faisabilité de l'intégration des pauses métacognitives dans la démarche d'investigation pour développer la pensée critique durant cinq semaines. Nous relevons des effets nuancés des pauses métacognitives. Le rôle de l'enseignant y est essentiel. Ces résultats nous encouragent à réaliser une étude plus longue.

La troisième étude, réalisée durant une année scolaire, porte sur la mise en œuvre de pauses métacognitives et d'un entrainement du contrôle inhibiteur en cours de sciences pour développer la pensée critique. Nous relevons que le dispositif intégrant les deux démarches ne semble pas le plus efficace. À l'inverse, un dispositif centré sur l'une ou l'autre démarche est préférable à un cours plus classique centré sur la seule démarche d'investigation.

Références

Kariger, J. et De Kesel, M. (2023). Analyse de l'influence de pauses métacognitives sur l'évolution de compétences critiques développées dans le cadre de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation. *RDST*, (28).75-114. https://doi.org/10.4000/rdst.5166

Kariger, J. (2025). *Pourquoi et comment former les futurs enseignants en sciences à développer la pensée critique de leurs élèves ?* [communication orale]. Aref 2025, Liège. https://aref2025.sciencesconf.org/data/pages/AREF_2025_Livret_des_resumes_2.pdf

5. Partie empirique

Présentation des trois études réalisées

Dans ce chapitre, les différentes études sont présentées selon un ordre chronologique.

Pour rappel, la première étude réalisée en 2020 porte sur les représentations de la pensée critique des enseignants et leurs pratiques déclarées pour la développer durant leurs cours ; la seconde étude, qui a donné lieu à une publication (Kariger et De Kesel, 2023), s'est déroulée en 2022 et consiste à éprouver le dispositif didactique imaginé avec un petit nombre d'élèves ; enfin, la troisième étude réalisée durant l'année scolaire 2022-2023 repose sur l'amélioration du dispositif didactique enrichi de l'entrainement du contrôle inhibiteur et expérimenté avec davantage d'élèves pendant une durée plus longue.

5.1. Étude 1, les représentations des enseignants sur la pensée critique et son développement au sein de leurs cours

Ce recueil de représentations adressé à des enseignants en Belgique francophone a pour objectif de comprendre si la conception d'une démarche socioconstructiviste associant investigation, métacognition et contrôle inhibiteur peut répondre aux attentes des enseignants.

5.1.1. Méthodologie

Cette recherche exploratoire quantitative à visée descriptive met en lumière les représentations des enseignants en Belgique francophone sur le développement de la pensée critique des élèves. « Qu'évoque le concept de pensée critique pour les enseignants belges francophones ? » « Quelles capacités jugent-ils essentielles au développement de la pensée critique ? » et « Quelles capacités sont favorisées pour développer la pensée critique des élèves ? ».

Notre objectif est d'établir un état des lieux des représentations des enseignants sur la pensée critique, que ce soit dans leur vie ou dans leurs pratiques professionnelles (lors de la création de leçons ou lorsqu'ils sont face à leurs élèves). De plus, nous cherchons à mettre en évidence les pratiques qu'ils déclarent mettre en œuvre ou celles qu'ils estiment devoir mettre en œuvre pour favoriser le développement de la pensée critique de leurs élèves. En combinant ces différentes approches, en établissant des liens entre les différentes réponses développées par les enseignants, nous souhaitons obtenir la meilleure compréhension de leurs perceptions et construire, in fine, une démarche qui répondra à leurs attentes. Pour répondre à ces trois questions principales, un questionnaire avec plusieurs échelles a été conçu (cf. 4.1.1. Questionnaire sur les représentations de la pensée critique des enseignants).

5.1.1.1. Échantillon

Notre recherche est ouverte et diffusée à l'ensemble des enseignants en Fédération Wallonie-Bruxelles, des plus novices aux plus expérimentés, quelles que soient les filières d'enseignement. En procédant de cette façon, nous cherchons à obtenir un état des lieux des représentations de la pensée critique pour l'ensemble des enseignants en Belgique francophone et ce pour plusieurs raisons : tout d'abord, parce que cette donnée n'existe pas à l'heure actuelle ; ensuite, parce que l'enquête proposée porte sur des compétences transversales et que le dispositif à imaginer suite à cette enquête pourrait être développé dans des cours différents. Au-delà de cette donnée pour l'ensemble des enseignants, nous nous intéressons particulièrement aux enseignants en sciences, afin d'étayer plus spécifiquement le contexte de la recherche doctorale.

Afin de toucher un large public, le questionnaire est diffusé via les directions des écoles, auxquelles il était demandé de le relayer auprès de leurs enseignants. Nous diffusons également le questionnaire dans nos réseaux professionnels d'enseignants, afin de favoriser le plus de participants possible. Le questionnaire est conçu pour être complété en ligne via la plateforme *Google Forms*. Le public cible est les enseignants de l'enseignement francophone de Belgique. Au total, parmi plusieurs centaines d'établissements scolaires contactés, 258 enseignants répondent au questionnaire. 75 % (194) des professionnels enseignent au moins dans l'enseignement secondaire. 20 % (52) des enseignants enseignent les sciences ou des domaines connexes.

La représentativité de l'échantillon

Les variables relatives au genre, au réseau d'enseignement en Fédération Wallonie-Bruxelles, au public d'enseignement, à la localisation géographique, au nombre d'années d'expérience et encore à la matière enseignée sont utilisées. Afin de comparer notre échantillon à la population cible, nous utilisons les valeurs fournies par la Fédération Wallonie-Bruxelles[1].

Selon ces chiffres, en 2020, le pourcentage de femmes dans le personnel enseignant est de 72,7 % (pour 27,3 % d'hommes). Au travers des réponses récoltées par le questionnaire, nous constatons que 70,31 % des répondants sont des femmes (pour 29,69 % d'hommes). En juin 2021, les enseignants se répartissent de la façon suivante entre les différents enseignements : 85 % d'entre eux sont enseignants dans le fondamental et le secondaire, ordinaire et spécialisé ; 15 % sont enseignants en promotion sociale, en Hautes Écoles, ESA (écoles supérieures des arts) et ESAHR (enseignement secondaire artistique à horaire réduit). Nous constatons que le public ayant participé à l'enquête se répartit de la façon suivante : 82 % représentent l'enseignement fondamental et secondaire, ordinaire et spécialisé ; 17 % représentent l'enseignement de promotion sociale, Hautes Écoles, ESA et ESAHR (1 % de réponses nulles). En juin 2021, la répartition des enseignants entre les réseaux est la suivante :

[1] Sur le site internet https://statistiques.cfwb.be/ mais également obtenues par un échange direct avec le *Centre d'expertise - Analyse des données liées aux personnels de l'enseignement et au budget.*

18 % dans un enseignement organisé par la Fédération Wallonie-Bruxelles ; 48 % dans un enseignement libre subventionné ; 34 % dans un enseignement officiel subventionné.

Nous constatons dans l'échantillon collecté une différence significative de ces pourcentages : 30 % dans un enseignement organisé par la Fédération Wallonie-Bruxelles ; 58 % dans un enseignement libre subventionné ; 7 % dans un enseignement officiel subventionné ; 5 % de valeur non spécifiée. Bien que le questionnaire ait été diffusé à l'ensemble des écoles de la Fédération Wallonie-Bruxelles, nous supposons que le taux plus élevé d'enseignants professant dans un enseignement libre subventionné provient du fait que, faisant nous-même partie de ce réseau, nous avons pu faire jouer davantage nos relations dans ce dernier et que la participation au questionnaire y a été plus marquée. L'échantillon comprend néanmoins des représentants de l'ensemble des réseaux.

L'échantillon est également comparé au regard de sa répartition géographique par province en Belgique francophone. Nous comparons ces données collectées avec celles officielles de la Fédération Wallonie-Bruxelles (cf. Annexe 8).

Nous constatons que, pour deux provinces (province du Brabant wallon et province de Liège), les pourcentages dans l'échantillon sont tout à fait comparables aux pourcentages dans la population d'enseignants. À l'inverse, des différences importantes sont constatées pour la région de Bruxelles-Capitale et la province du Hainaut. Malgré cela, nous constatons que chaque province est représentée de façon cohérente et, pour une majorité, avec une comparaison fidèle entre l'échantillon et la population.

L'échantillon a également été comparé aux données d'ancienneté d'enseignement fournies par la Fédération Wallonie-Bruxelles (cf. Annexe 9).

Nous constatons que les valeurs de l'échantillon sont assez proches des valeurs officielles de la Fédération Wallonie-Bruxelles. Le seul écart important constaté est dans la catégorie d'ancienneté « 1 à 4 ans d'ancienneté et étudiant en formation ». En effet, le pourcentage d'enseignants dans cette catégorie est de 38 % dans l'échantillon pour 23 % d'enseignants dans cette catégorie en Fédération Wallonie-Bruxelles. Nous supposons que cette valeur élevée dans l'échantillon s'explique par nos listes de diffusions et nos contacts personnels ciblés sur les enseignants débutants. Au regard de ces différents éléments de comparaison, nous estimons que l'échantillon est représentatif de la population des enseignants en Fédération Wallonie-Bruxelles, tout type d'enseignement confondu.

Nous relevons néanmoins trois limites importantes à notre échantillon. Tout d'abord, le questionnaire est uniquement accessible via un outil numérique connecté à internet ce qui peut être un frein pour certains enseignants n'utilisant pas ou peu d'outils numériques. Ensuite, nous soulignons que le réseau libre subventionné est surreprésenté dans notre échantillon, ce qui peut constituer un biais. En effet, chaque réseau créant les programmes scolaires pour chaque cours peut y apporter des nuances propres à ses convictions philosophiques et accorder dès lors une place différente au développement de la pensée critique dans l'enseignement, ce qui peut influencer les représentations qu'en ont les enseignants de chaque réseau. Mais rappelons que tous les enseignants (qu'ils enseignent dans le réseau libre ou non) utilisent le même référentiel; ce biais n'est sans doute donc pas

très limitant. Enfin, le questionnaire a été soumis lors de la pandémie de Covid-19. Les enseignants ont dû faire face à bon nombre de changements dans leurs pratiques pédagogiques et n'avaient peut-être pas le temps et la disposition mentale à consacrer à une telle enquête. Plusieurs établissements scolaires n'ont pas diffusé le questionnaire de cette étude, sans doute afin de ne pas surcharger leurs membres du personnel avec des tâches supplémentaires à devoir gérer.

5.1.1.2. Outil de collecte de données

Le questionnaire utilisé est celui présenté dans le chapitre 4.

Initialement prévu pour être diffusé entre mars et juin 2020, le lancement du questionnaire a été retardé en raison de la pandémie de Covid-19. La diffusion a finalement eu lieu en septembre 2020, après avoir constaté que les enseignants étaient trop stressés et peu disponibles pour y répondre, en raison des bouleversements majeurs liés à l'enseignement pendant cette période. La période de lancement en septembre 2020 s'est avérée propice, car les écoles fonctionnaient normalement et les enseignants étaient certainement plus disposés à y répondre. Le questionnaire a été envoyé par courriel à 1222 directions d'établissements scolaires de la Fédération Wallonie-Bruxelles (tous réseaux confondus).

5.1.1.3. Questions de recherche et hypothèses

Comme décrit précédemment, cette recherche exploratoire a pour objectif de répondre à trois questions.

« Qu'évoque le concept de pensée critique pour les enseignants belges francophones ? »

« Quelles capacités jugent-ils essentielles au développement de la pensée critique ? »

« Quelles capacités sont favorisées pour développer la pensée critique des élèves ? ».

Étant dans le cadre d'une recherche exploratoire, nous ne pouvons formuler que des hypothèses préalables.

Á la première question, nous pensons que les enseignants ont des représentations très variées de la pensée critique, car le concept de pensée critique peut être abordé d'un grand nombre de façons différentes. Au-delà de cette grande variété de représentations, nous pensons qu'elles sont imprécises et simplifiées. En effet, des auteurs tels que Paul et collaborateurs (1989) ou Ennis (2015) relèvent une grande difficulté à décrire la pensée critique et nous émettons l'hypothèse que les enseignants ne pensent pas aux différentes nuances que peut revêtir le concept.

Á la deuxième question, nous pensons que les enseignants mettent essentiellement en avant les compétences liées à la recherche d'informations sur internet et à la critique de média (vérifier la source, croiser les données), car ce sont les compétences critiques les plus véhiculées dans la société et les médias. Nous pensons néanmoins que ces compétences essentielles peuvent être différentes en fonction de la matière enseignée.

Á la troisième question, nous pensons que, globalement, les enseignants sont assez en accord avec les compétences qu'ils mettent en œuvre. Nous pensons qu'ils se centrent sur l'analyse de documents et des médias en mettant l'accent sur la vérification de sources et leur recoupement. Comme précédemment, nous pensons qu'en fonction de la matière enseignée, le regard n'est pas le même.

5.1.1.4. Méthodologie d'analyse

Les réponses ouvertes sont analysées en relevant les occurrences des termes employés en lien avec les capacités de pensée critique d'Ennis (2015) afin d'établir des catégories de capacités sous-jacentes à la pensée critique. En faisant des allers-retours entre la liste de capacités d'Ennis et les catégories émergeant des réponses, nous nous situons dans une approche mixte, entre analyse inductive et déductive de contenu.

Les items à échelle de Likert sont traités à l'aide des statistiques descriptives. En fonction du nombre de fois où l'item est plébiscité par les enseignants, un score lui est attribué. Les scores moyens sont calculés en fonction des sous-groupes d'enseignants au sein de l'échantillon. Un test de corrélation est également réalisé.

5.1.1.5. Autorisation et respect de la vie privée

Le questionnaire est diffusé à l'ensemble des directions en Belgique francophone. Au-delà du choix de la direction de diffuser, ou non, le questionnaire aux équipes enseignantes, l'enseignant qui participe est libre de compléter le questionnaire dans sa totalité ou non.

Les données anonymes partagées dans le questionnaire ne sont exploitées que dans le cadre de la présente étude doctorale.

Au terme de l'étude doctorale et des communications qui en découlent, les données collectées sont supprimées.

5.1.2. Résultats

Pour en faciliter la compréhension, les trois sous-questions de recherche structurent la présentation des résultats.

5.1.2.1. Les représentations concernant la pensée critique

Les premiers résultats présentent les réponses des enseignants et permettent de répondre à la question suivante : « Qu'évoque le concept de pensée critique pour les enseignants belges francophones ? ».

Au travers des définitions de la pensée critique formulées par les enseignants, nous menons une recherche quantitative avec des catégories émergeantes. Nous relevons que 6 % (15 réponses sur 252 réponses valides) des définitions contiennent les termes « critiquer » ou « critique » sans davantage expliquer en quoi cela consiste. Citons comme exemple des définitions telles que « le droit de critiquer » ou encore « savoir critiquer une source ». Définissant la pensée critique par un terme similaire sans le détailler, nous suggérons que la

définir est complexe, car certains enseignants n'en ont pas une vision claire et peut-être trop peu opérationnelle. Un enseignant abonde dans ce sens, il ponctue son explication par « C'est complexe de répondre clairement. »; un autre dit ceci « Il n'y a pas vraiment de définition de la pensée critique mais je la résumerais comme... ». De la même façon, certains proposent que faire preuve de pensée critique, c'est « réfléchir aux propos d'une personne ». Le terme « réfléchir » revient dans 11 % des réponses (28 réponses sur 252 valides) à plusieurs reprises sans en préciser ce qu'il revêt. Ainsi plus de 20 % des réponses (52/252) présentent la pensée critique comme l'action de réfléchir, de critiquer, de penser ou d'apprendre. L'imprécision des termes choisis reflète une difficulté des enseignants à définir ce concept. Dans 60 % des réponses (151/252) des enseignants, la pensée critique n'est définie que par une seule stratégie parmi la multitude proposée par Paul et al. (1989) ou Ennis (2015). Ce décalage est révélateur de la complexité du terme. Là où des scientifiques menant une recherche proposent plus de 35 stratégies (Paul et al., 1989), 60 % des professionnels de terrain n'en ciblent qu'une. Nous relevons que la capacité citée le plus de fois, soit dans 25 % des réponses (63/252), est la remise en question. Parmi les capacités les plus citées, nous relevons que « Prendre distance » apparait dans 17% des réponses (44/252), « Émettre un avis » apparait dans 16 % des réponses (41/252) et « Douter » apparait dans 14 % des réponses (36/252).

Nous relevons également quatre tendances au travers des définitions proposées par les enseignants. La première tendance concerne le temps. Si 40 % des enseignants (101/252) ne précisent pas quand mettre en œuvre une pensée critique, à l'inverse, 60 % vont faire apparaitre une notion temporelle dans leurs définitions. 7 % des enseignants interrogés (17/252) proposent que faire preuve de pensée critique est une démarche préalable à toute autre action. Ils proposent de « réfléchir avant d'agir ». La deuxième tendance, pour 42 % d'entre eux (105/252), est que faire preuve de pensée critique est une démarche qui suit une action, comme « réfléchir sur ce qui vient d'être vécu ». La troisième tendance, pour 11 % des enseignants (29/252), est que la mise en œuvre d'une pensée critique peut être préalable à une action mais également prendre place a posteriori de l'action menée. Au regard du cadre proposé, la quatrième tendance est que 19 % des réponses des enseignants (48/252) utilisent des termes associés à l'activation du contrôle inhibiteur pour définir la pensée critique. Un enseignant écrit notamment ceci : « Capacité d'inhibition de la pensée dans le but de prendre le temps de rechercher d'autres sources d'information ». À l'inverse, aucun terme spécifiquement lié au champ lexical de la métacognition n'apparait dans les définitions. Néanmoins, nous relevons que 6 définitions (sur les 252 valides) sont des démarches métacognitives, bien que les enseignants en question ne les nomment pas explicitement. Par exemple, nous relevons la phrase suivante : « Être capable d'évaluer une situation et en retirer tant les aspects positifs que négatifs, dans une perspective d'apprentissage et de progression ».

À la suite de cette question ouverte, les enseignants ont pu prendre position face à plusieurs items qui leur étaient proposés. 75 % des enseignants sont tout à fait d'accord avec l'affirmation : « la pensée critique est indispensable dans notre vie actuelle ». Ce premier constat donne donc du sens à cette recherche, car elle interroge un élément jugé comme indispensable pour une majorité des enseignants répondants. Au regard de cette première

valeur, il est intéressant de mettre en lumière le lien entre le caractère indispensable de la pensée critique et les actions pédagogiques mises en œuvre pour la développer.

30 % des enseignants interrogés déclarent faire preuve de pensée critique au quotidien et 45 % estiment faire preuve de pensée critique lorsqu'ils exercent leur métier (en préparant leurs cours, lors de diverses activités durant l'année…). Ils ne sont que 2 % à estimer que leurs élèves font preuve de pensée critique au quotidien. Il est intéressant de s'interroger sur les raisons de cette représentation assez négative. 37 % des enseignants sont tout à fait d'accord avec l'idée que leurs élèves font preuve de pensée critique au sein de leurs cours. Dans le contexte spécifique de l'enseignement, enseignants et élèves feraient davantage preuve de pensée critique en classe que dans leur quotidien. Aux dires des enseignants répondants, le contexte scolaire pourrait donc être un levier intéressant pour développer la pensée critique. Supposant qu'il est coûteux intellectuellement parlant de faire preuve de pensée critique, enseignants et élèves ne mettent pas en place une pensée critique à tout instant, expliquant qu'ils font davantage preuve de pensée critique à l'école qu'au quotidien. En fonction de la tâche à accomplir et du contexte, nous activons une démarche de pensée critique ou non.

75 % des enseignants s'accordent sur l'idée que le développement de la pensée critique chez les élèves nécessite que l'enseignant lui-même mette en œuvre cette compétence. Cependant, une contradiction émerge puisqu'on observe que moins de la moitié des enseignants mettent effectivement en pratique la pensée critique dans le cadre de leur métier. Cette observation souligne la complexité inhérente au développement de la pensée critique. Au travers des pratiques déclarées par les enseignants, nous nous posons également la question de l'intégration de cette compétence dans la formation des enseignants, de la sensibilisation à son importance et des transferts qu'en font ces derniers dans leur métier.

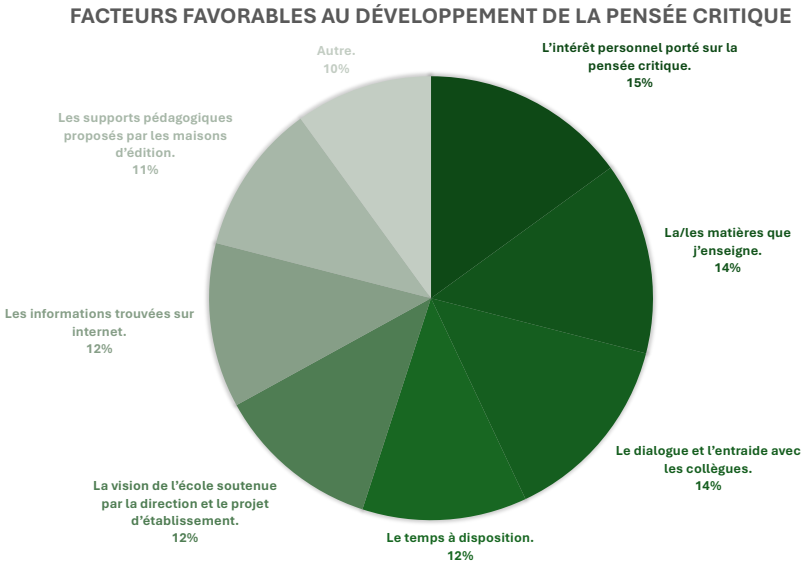
Dans le cadre de leur métier, 30 % des enseignants affirment pleinement que « lorsque je prépare mes cours, la composante « développement de la pensée critique des élèves » intervient dans ma réflexion, j'y attache une importance dans ma réflexion en amont des cours ». Ils sont 35 % à être tout à fait d'accord avec l'affirmation « Lorsque je donne cours, dans ma relation avec les élèves, je veille à favoriser leur pensée critique » et ils sont 30 % à être tout à fait d'accord avec l'affirmation « lorsque je donne cours, dans ma relation avec les élèves, je veille à leur partager des trucs et astuces pour développer leur pensée critique ». Finalement, seul un tiers des enseignants porte une attention à la pensée critique lors de la création de leurs cours ou lorsqu'ils donnent cours. Cette observation questionne la formation au développement de la pensée critique qu'ont les enseignants.

Appuyant encore cette idée, seulement 44 % des enseignants sont tout à faire d'accord avec l'affirmation « J'estime qu'il est possible d'aborder et de développer la pensée critique durant mes cours ». Seul 49 % sont tout à fait d'accord avec l'affirmation « J'estime que la pensée critique est une compétence qui doit être abordée et développée durant mes cours ».

Au travers des réponses des enseignants, nous relevons des facteurs favorisant le développement de la pensée critique au sein des cours mais aussi des facteurs défavorables. Pour les enseignants, trois facteurs sont véritablement favorables au développement de la

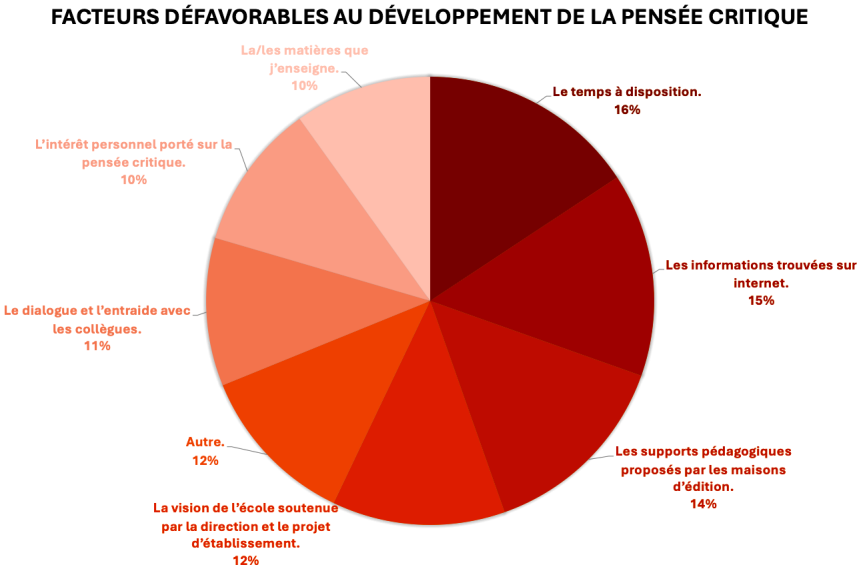
pensée critique dans leur cours (cf. Figure 13). Ils soulignent tout d'abord l'intérêt personnel qu'ils ont pour le sujet. Ils relèvent également que la matière qu'ils enseignent est un élément fortement favorable au développement de la pensée critique. Ce résultat important est en contradiction avec l'élément relevé précédemment selon lequel ils sont moins de 50 % à estimer qu'il est possible de développer une pensée critique durant leur cours. Enfin, un élément qui leur parait également essentiel est le dialogue et l'entraide avec les collègues.

Figure 13. Facteurs favorables au développement de la pensée critique (en pourcentage explicatif)



Lorsque l'on observe leur prise de position face aux facteurs défavorables au développement de la pensée critique des élèves au sein de leurs cours, on constate que là où les enseignants sont fortement en accord avec les facteurs favorisant le développement de la pensée critique des élèves, les réponses des enseignants sont plus variables concernant les facteurs défavorables au développement de la pensée critique. Nous pouvons interpréter cela de la façon suivante. Les enseignants estiment qu'il y a plus de facteurs favorisant que défavorisant le développement de la pensée critique. Ce premier constat posé, on observe que le facteur le plus défavorable au développement de la pensée critique au sein d'un cours est le temps à disposition. En second lieu, on constate que les enseignants ciblent les informations trouvées sur internet comme source freinant le développement de la pensée critique. Nous supposons qu'ils mettent en évidence les risques liés aux informations non vérifiées trouvées sur internet et parfois manipulées pour atteindre des objectifs non avoués. Enfin, pour clore le trio de tête, les supports pédagogiques proposés par les maisons d'édition semblent défavorables au développement de la pensée critique. Le questionnaire ne permet pas de savoir pourquoi ils relèvent cela.

Figure 14. Facteurs défavorables au développement de la pensée critique (en pourcentage explicatif)



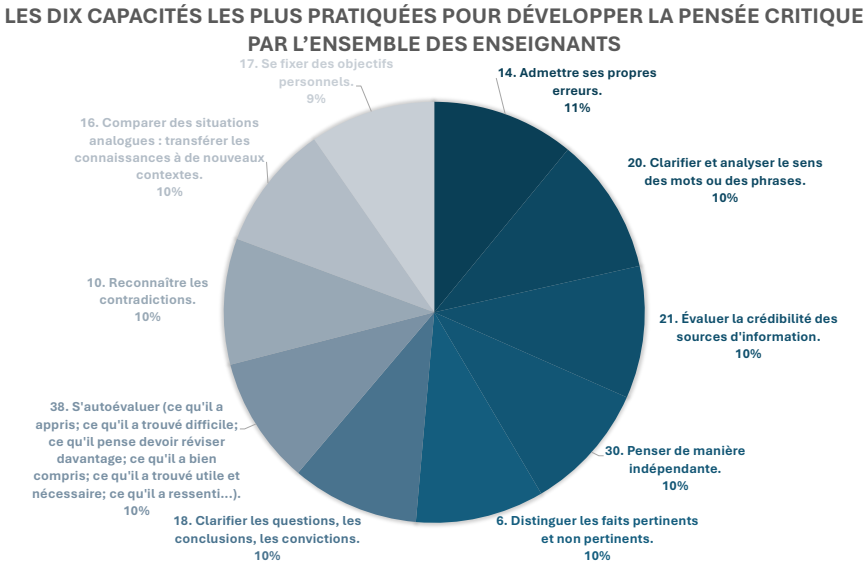
5.1.2.2. *Les capacités pratiquées pour développer la pensée critique*

La seconde sous-question de recherche est « Quelles pratiques déclarées mettent-ils en œuvre ? ». Pour répondre à cette question, un élément du questionnaire (la question 6) porte spécifiquement sur l'analyse de 49 items face auxquels les enseignants doivent se positionner grâce à une échelle de Likert à quatre choix de réponse. Afin d'établir un classement de ces capacités (cf. Tableau 7) en fonction de leur occurrence dans les réponses des enseignants, un score est attribué à chaque choix de réponse. Ces items sont des capacités à favoriser (ou non) en classe pour développer la pensée critique des élèves.

Tableau 7. Classement des dix capacités les plus pratiquées pour développer la pensée critique par l'ensemble des enseignants

Classement des 10 capacités les plus pratiquées pour développer la pensée critique par l'ensemble des enseignants				
Classement	Intitulé de l'item (le numéro correspond le numéro d'ordre dans le questionnaire)	Capacités en lien avec les approches de Paul et al. (1989) et d'Ennis (2015)	Capacités en lien avec la métacognition (Colognesi et al., 2020)	Capacités en lien avec le contrôle inhibiteur (Houdé, 2018)
1	14. Admettre ses propres erreurs.			X
2	20. Clarifier et analyser le sens des mots ou des phrases.	X		
3	21. Évaluer la crédibilité des sources d'information.	X		
4	30. Penser de manière indépendante.	X		
5	6. Distinguer les faits pertinents et non pertinents.	X		
6	18. Clarifier les questions, les conclusions, les convictions.	X		
7	38. S'autoévaluer (ce qu'il a appris; ce qu'il a trouvé difficile; ce qu'il pense devoir réviser davantage; ce qu'il a bien compris; ce qu'il a trouvé utile et nécessaire; ce qu'il a ressenti...).		X	
8	10. Reconnaitre les contradictions.	X		
9	16. Comparer des situations analogues : transférer les connaissances à de nouveaux contextes.	X		
10	17. Se fixer des objectifs personnels.		X	

Figure 15. Les dix capacités les plus pratiquées pour développer la pensée critique par l'ensemble des enseignants (en pourcentage de représentativité parmi les 10 capacités)



Il est relevé que la première capacité pratiquée est « Admettre ses propres erreurs ». Cet item fait référence à une capacité en lien avec l'activation du contrôle inhibiteur. Nous relevons également que deux capacités liées à la métacognition font partie de cette liste : « S'autoévaluer » et « Se fixer des objectifs personnels ». Parmi la liste de capacités proposées aux enseignants, certaines ne correspondent volontairement pas aux capacités propres au penseur critique. Nous relevons que les enseignants ne pratiquent aucune capacité ne favorisant pas le développement de la pensée critique.

Pour chaque capacité, les enseignants doivent donner la récurrence avec laquelle ils la pratiquent. En attribuant un score à cette récurrence (de « jamais » correspondant à un score de 1 à « toujours » correspondant à un score de 4), il est possible d'attribuer un score global de « pratique de capacité pour développer la pensée critique » à chaque enseignant. Ces capacités et leur récurrence dans la pratique en classe deviennent un indicateur déclaré par les enseignants. Nous observons une corrélation entre le score de « pratique de capacité pour développer la pensée critique » et la matière enseignée. Ces résultats montrent que ce score est faiblement lié à la matière enseignée ($r=0,171$, $p=0,003$). Fort de ce constat, nous décidons de porter une attention spécifique aux enseignants en sciences. En effet, si l'on reprend la définition de la pensée critique de Facione (1990a), ce dernier la définit comme un processus de réflexion conscient et régulé qui aboutit à l'interprétation, l'analyse, l'évaluation et l'inférence, ainsi qu'à la justification des choix basés sur des preuves, des concepts, des méthodes, des critères ou des contextes. Cette définition met en évidence des compétences spécifiques qui se retrouvent dans les prescrits scolaires (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2013) et qui peuvent donc être contextualisées dans un dispositif pédagogique créé par les enseignants. Ainsi, par leur contexte didactique, les enseignants en sciences abordent peut-

être différemment le concept de pensée critique au sein de leur cours. Porter un regard spécifique sur ce groupe a du sens. Portant une attention spécifique à la didactique des sciences dans le cadre de cette recherche doctorale, ces résultats nous intéressent directement.

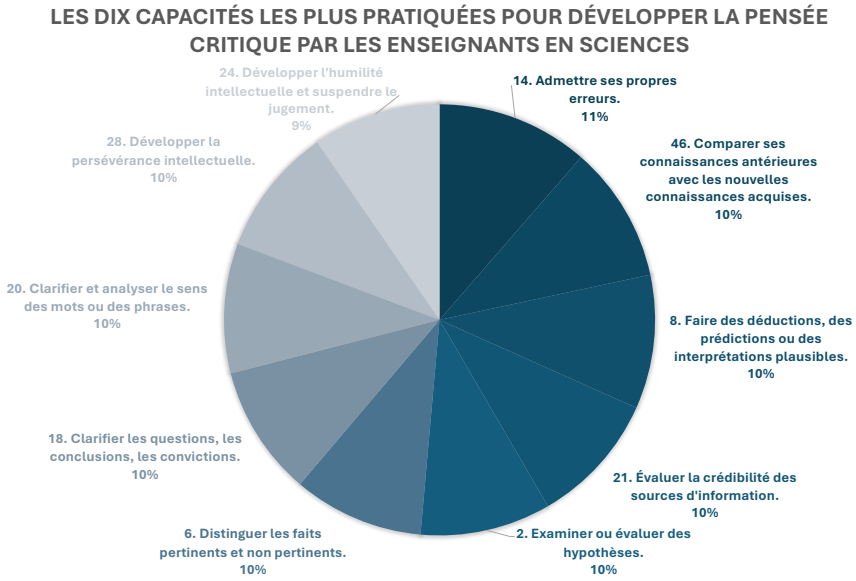
Dans l'échantillon de 258 enseignants, 52 enseignent des matières scientifiques. Nous observons que les enseignants de sciences (cf. Tableau 8) déclarent pratiquer davantage une capacité liée au contrôle inhibiteur (l'item 14 est également en première position). 5 items sont comparables entre les enseignants en sciences et l'ensemble de l'échantillon, bien qu'ils n'occupent pas des positions identiques dans leur classement. Nous observons qu'ils mettent en avant des capacités liées spécifiquement à la didactique des sciences comme l'item 2 portant sur l'analyse d'hypothèses ou l'item 8 portant sur la déduction. Nous relevons qu'à l'inverse de l'échantillon global, ils ne mettent en avant qu'une seule capacité liée à la métacognition. Par contre, cette capacité (46. Comparer ses connaissances antérieures avec les nouvelles connaissances acquises) est pleinement liée à leur didactique avec la prise en compte des représentations antérieures pour les déconstruire et en fonder de nouvelles. Finalement, l'item 24 apparaissant en dixième position dans leur classement est également en lien avec l'importance du contrôle inhibiteur : Développer l'humilité intellectuelle et suspendre le jugement.

Enfin, des résultats comparables ont été obtenus pour les différents groupes (les enseignants d'une même discipline) présents dans l'échantillon. Nous ne relevons pas de groupes mettant en œuvre des capacités véritablement divergentes par rapport aux autres groupes. Nous relevons qu'en fonction de la matière enseignée, la capacité première indiquée peut varier, comme l'évaluation de la crédibilité des sources pour les enseignants d'histoire et géographie ou encore l'analyse et la clarification du sens des mots ou des phrases pour les enseignants de français. Les enseignants en maternel sont ceux qui mettent en avant le plus de capacités liées à la métacognition (4 capacités sur 10). Les enseignants de sciences sociales sont ceux qui mettent en avant le plus de capacités liées au contrôle inhibiteur (2 attitudes sur 10). Les femmes (2 attitudes sur 10) semblent davantage pratiquer des capacités liées à la métacognition que les hommes (0 attitudes sur 10).

Tableau 8. Classement des dix capacités les plus pratiquées pour développer la pensée critique par les enseignants en sciences

Classement des 10 capacités les plus pratiquées pour développer la pensée critique par les enseignants en sciences				
Classement	Intitulé de l'item (le numéro correspond au numéro d'ordre dans le questionnaire)	Capacités en lien avec les approches de Paul et al. (1989) et d'Ennis (2015)	Capacités en lien avec la métacognition (Colognesi et al., 2020)	Capacités en lien avec le contrôle inhibiteur (Houdé, 2018)
1	14. Admettre ses propres erreurs.			X
2	46. Comparer ses connaissances antérieures avec les nouvelles connaissances acquises.		X	
3	8. Faire des déductions, des prédictions ou des interprétations plausibles.	X		
4	21. Évaluer la crédibilité des sources d'information.	X		
5	2. Examiner ou évaluer des hypothèses.	X		
6	6. Distinguer les faits pertinents et non pertinents.	X		
7	18. Clarifier les questions, les conclusions, les convictions.	X		
8	20. Clarifier et analyser le sens des mots ou des phrases.	X		
9	28. Développer la persévérance intellectuelle.	X		
10	24. Développer l'humilité intellectuelle et suspendre le jugement.	X		

Figure 16.Les dix capacités les plus pratiquées pour développer la pensée critique par les enseignants en sciences (en pourcentage de représentativité parmi les 10 capacités)



5.1.2.3. Les capacités estimées essentielles pour développer la pensée critique

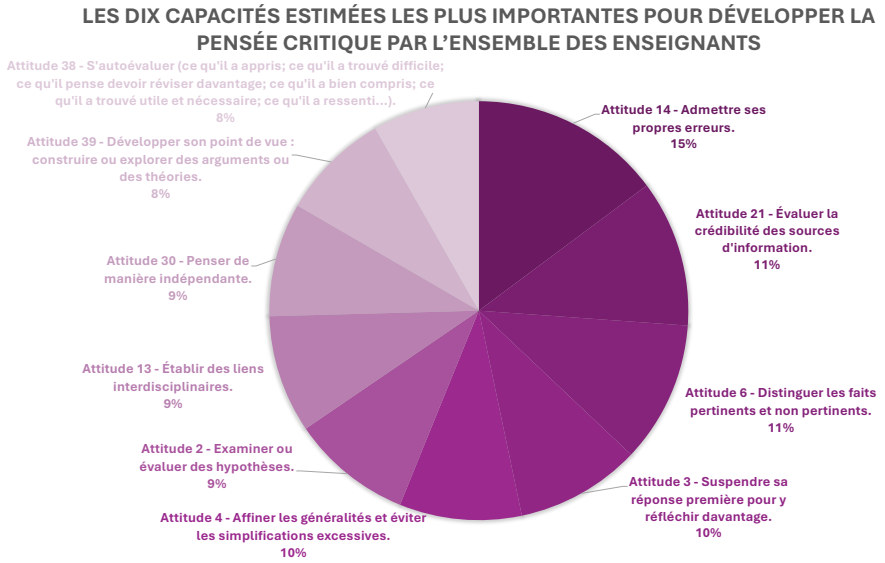
Parallèlement aux capacités pratiquées, les enseignants sont questionnés sur les capacités qu'ils estiment les plus importantes pour développer la pensée critique des élèves. Ainsi, il nous est possible de répondre à la sous-question suivante : Quelles capacités jugent-ils essentielles au développement de la pensée critique ?

Dans la question 7, les enseignants doivent classer les dix capacités les plus importantes pour favoriser le développement de la pensée critique. En attribuant un score à chaque capacité en fonction du nombre de fois où elle est citée par un enseignant et la place qu'elle prend dans son classement de 1 à 10, il est possible de relever les 10 capacités les plus plébiscitées par les enseignants (cf. Tableau 9).

Tableau 9. Classement des dix capacités estimées les plus importantes pour développer la pensée critique par l'ensemble des enseignants

Classement des 10 capacités estimées les plus importantes par les enseignants				
Classement	Intitulé de l'item (le numéro correspond au numéro d'ordre dans le questionnaire)	Capacités en lien avec les approches de Paul et al. (1989) et d'Ennis (2015)	Capacités en lien avec la métacognition (Colognesi et al., 2020)	Capacités en lien avec le contrôle inhibiteur (Houdé, 2018)
1	Capacité 14 - Admettre ses propres erreurs.			X
2	Capacité 21 - Évaluer la crédibilité des sources d'information.	X		
3	Capacité 6 - Distinguer les faits pertinents et non pertinents.	X		
4	Capacité 3 - Suspendre sa réponse première pour y réfléchir davantage.			X
5	Capacité 4 - Affiner les généralités et éviter les simplifications excessives.	X		
6	Capacité 2 - Examiner ou évaluer des hypothèses.	X		
7	Capacité 13 - Établir des liens interdisciplinaires.	X		
8	Capacité 30 - Penser de manière indépendante.	X		
9	Capacité 39 - Développer son point de vue : construire ou explorer des arguments ou des théories.	X		
10	Capacité 38 - S'autoévaluer (ce qu'il a appris; ce qu'il a trouvé difficile; ce qu'il pense devoir réviser davantage; ce qu'il a bien compris; ce qu'il a trouvé utile et nécessaire; ce qu'il a ressenti...).		X	

Figure 17. Les dix capacités estimées les plus importantes pour développer la pensée critique par l'ensemble des enseignants (en pourcentage de représentativité parmi les 10 capacités)



Dans le tableau 9, nous constatons que cette liste des dix capacités les plus importantes pour favoriser le développement de la pensée critique pour les enseignants, diffère légèrement des capacités qu'ils avaient annoncées comme pratiquées en classe. Il est encourageant de constater qu'aucune capacité « intruse » n'apparait dans ce résultat. Il est intéressant de constater que deux capacités liées spécifiquement au contrôle inhibiteur se retrouvent en première et quatrième position. Au regard de ces deux capacités nous émettons l'hypothèse que les enseignants sont assez lucides sur leurs pratiques. En effet, ils favorisent réellement la capacité « Admettre ses propres erreurs » et ils estiment qu'il s'agit d'une capacité essentielle. À l'inverse, la capacité « Suspendre sa réponse première pour y réfléchir davantage » est relevée comme essentielle, mais non pratiquée en classe. Il est interpellant de constater qu'une seule attitude liée spécifiquement à la métacognition n'apparait qu'en dixième position. Nous relevons qu'une capacité métacognitive n'est plus présente par rapport à ce qu'ils pratiquent en classe. Enfin, ces dix capacités ont du sens pour les enseignants et peuvent donc être proposées dans le dispositif à mettre en œuvre, en supposant que les enseignants y adhéreront particulièrement bien. Sur base de ce résultat spécifique, nous pourrions construire notre dispositif autour de ces capacités.

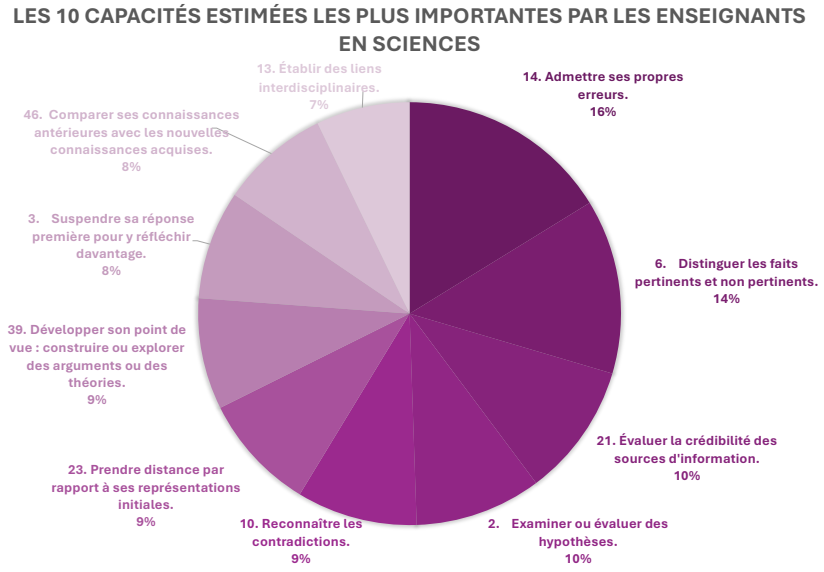
Comme précédemment, nous portons une attention spécifique au groupe des enseignants en sciences (cf. Tableau 10). Tout d'abord, nous constatons qu'aucune capacité « intruse » n'est relevée. Nous observons une certaine cohérence entre les capacités pratiquées et celles estimées essentielles. En effet, parmi les 10 capacités les plus plébiscitées, cinq sont comparables aux deux classements établis (les capacités pratiquées et les capacités estimées essentielles). La capacité première reste d'admettre ses propres erreurs. Nous relevons qu'il n'y a pas davantage de capacités liées à la métacognition (1 capacité sur 10) et que celle

estimée essentielle est comparable à celle pratiquée et toujours différente de celle plébiscitée par l'ensemble de l'échantillon. Cette observation révèle des spécificités liées à chaque didactique et peut être soutenue par la notion de culture disciplinaire (Saussez, 2019). La discipline enseignée agit tel un filtre pour les enseignants qui mettent alors en œuvre des pratiques pédagogiques différentes. Nous observons deux capacités supplémentaires liées au développement du contrôle inhibiteur. En particulier, nous soulignons la capacité 23 « Prendre distance par rapport à ses représentations initiales ». Cette capacité met en lien une démarche propre à la didactique des sciences, consistant à prendre en compte ses représentations initiales et l'action du contrôle inhibiteur visant à ne pas simplement les considérer comme vraies, mais à les remettre en question.

Tableau 10. Classement des dix capacités estimées les plus importantes pour développer la pensée critique par les enseignants en sciences

Classement des 10 capacités estimées les plus importantes par les enseignants en sciences				
Classement	Intitulé de l'item (le numéro correspond au numéro d'ordre dans le questionnaire)	Capacités en lien avec les approches de Paul et al. (1989) et d'Ennis (2015)	Capacités en lien avec la métacognition (Colognesi et al., 2020)	Capacités en lien avec le contrôle inhibiteur (Houdé, 2018)
1	14. Admettre ses propres erreurs.			X
2	6. Distinguer les faits pertinents et non pertinents.	X		
3	21. Évaluer la crédibilité des sources d'information.	X		
4	2. Examiner ou évaluer des hypothèses.	X		
5	10. Reconnaitre les contradictions.	X		
6	23. Prendre distance par rapport à ses représentations initiales.			X
7	39. Développer son point de vue : construire ou explorer des arguments ou des théories.	X		
8	3. Suspendre sa réponse première pour y réfléchir davantage.			X
9	46. Comparer ses connaissances antérieures avec les nouvelles connaissances acquises.		X	
10	13. Établir des liens interdisciplinaires.	X		

Figure 18. Les dix capacités estimées les plus importantes pour développer la pensée critique par les enseignants en sciences (en pourcentage de représentativité parmi les 10 capacités)



5.1.3. Discussion

Bien que le développement de la pensée critique des élèves soit un élément fondamental dans les textes officiels (Delors, 1999) et que les enseignants sont bien conscients de l'intérêt de travailler cette compétence avec les élèves, moins de la moitié d'entre eux estiment qu'il est possible de développer la pensée critique au travers de leurs cours. Nous avons donc entrepris d'évaluer de manière formelle les perceptions des enseignants de la fédération Wallonie-Bruxelles concernant le développement de la pensée critique. En accord avec les travaux de Pallascio, Benny et Patry (cités dans Broyon, 2006), Ku et Ho (2010b), Gagnon (2014), et Houdé (2018), notre étude a également exploré les liens entre le développement de la pensée critique, la métacognition et le contrôle inhibiteur, des éléments cruciaux pour un développement transversal de cette compétence à travers différentes disciplines enseignées.

Des recherches internationales montrent l'importance de la pensée critique chez les enseignants. Demirhan et Köklükaya (2014) observent que les compétences en pensée critique des futurs enseignants, même au niveau universitaire, sont insuffisantes. Sendag et al. (2015) notent que le développement de ces compétences est lié à l'usage d'internet. Stapleton (2011) quant à lui relève une mauvaise compréhension de la pensée critique par les enseignants. En francophonie, Robert et Garnier (2015) et Larivière (2023) soulignent la diversité des conceptions chez les enseignants, mettant en avant l'importance de la collaboration (Lu et Wang, 2021) pour améliorer leurs pratiques. Cependant, aucune de ces recherches n'a proposé une analyse large du public francophone belge, ni établi de liens directs entre le développement de la pensée critique, la métacognition et le contrôle inhibiteur.

Nous avons cherché à comprendre comment les enseignants favorisent concrètement le développement de la pensée critique des élèves. En effet, le développement de cette compétence occupe une place croissante dans les prescrits scolaires en Fédération Wallonie-Bruxelles. Ce qui était autrefois mentionné brièvement comme un comportement à développer dans les « Socles de Compétences » (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2013) est désormais une visée transversale détaillée sur une page complète dans le « Référentiel du Tronc Commun » (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2022). Il est essentiel de comprendre comment les enseignants traduisent ces directives en pratiques pédagogiques concrètes, en mettant en lien les capacités à développer en classe avec les compétences visées dans chaque discipline. Notre étude relève que plus de 50 % des enseignants semblent démunis quant à la façon de procéder.

5.1.3.1. Analyse des représentations enseignantes sur la pensée critique

75 % des enseignants sont tout à fait d'accord avec l'idée que la pensée critique est indispensable dans notre vie actuelle ; ils sont bien conscients que la pensée critique est une *soft skill* essentielle dans le monde entrepreneurial (Faqir et al., 2023) et essentielle pour former les étudiants à repérer les *fake news* dans un contexte politique complexe (Bilotserkovets et al., 2023).

Élèves et enseignants feraient davantage preuve de pensée critique au sein des cours qu'au quotidien. Ce résultat est en accord avec le propos de Willingham (2007) précisant que « les processus de pensée sont entremêlés avec le sujet traité » (Willingham, 2007, p. 2). En accord avec cela, nous proposons que, bien qu'un élève ait développé un regard critique sur un élément spécifique, si le contexte change, il n'activera plus la même démarche mentale.

Parallèlement à ces premiers éléments, nous avons porté notre attention sur les définitions de la pensée critique proposées par les enseignants (question ouverte).

Premièrement, nous observons une grande hétérogénéité dans les définitions proposées, ce qui révèle une diversité significative des représentations conceptuelles de la pensée critique, comme l'a déjà démontré Larivière (2023). Deuxièmement, nous notons l'utilisation de termes en lien avec le contrôle inhibiteur et la métacognition. Ce constat est particulièrement pertinent car il soutient l'intérêt d'examiner le lien entre le développement de la pensée critique et le contrôle inhibiteur (Houdé, 2018), ainsi que la métacognition (Broyon, 2006). Troisièmement, il apparaît qu'une majorité d'enseignants (60 %) définissent la pensée critique en se limitant à une seule capacité. Par ailleurs, aucun enseignant n'utilise plus de six capacités pour définir la pensée critique, alors que la littérature experte en propose plusieurs dizaines (Ennis, 2015; Paul et al., 1989). Cette observation suggère une méconnaissance du concept parmi les enseignants et témoigne de la complexité inhérente à la pensée critique. De plus, un manque de connaissance des capacités associées à la pensée critique pourrait indiquer un déficit d'idées sur les capacités à développer concrètement en classe pour favoriser cette pensée. En lien avec cela, nous notons que, pour les enseignants, le développement de la pensée critique ne passe pas tant par une démarche complète (approche globale), mais davantage par l'activation d'habiletés spécifiques (approche centrée

sur une habileté). Cette préférence contraste avec l'approche globale préconisée par Boisvert (1999), jugée plus efficace qu'une approche focalisée sur des habiletés ou compétences spécifiques. Enfin, nous relevons que le moment d'activation d'une pensée critique durant une tâche a de l'importance pour un bon nombre d'enseignants. En effet, ils proposent d'activer une pensée critique à différents moments d'une tâche soit en amont, soit en aval, soit à ces deux moments. En croisant ces observations avec le modèle de Paul et Elder (2008) et la démarche d'investigation en sciences (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2022), il serait pertinent de réfléchir aux moments d'activations des capacités critiques dans une démarche d'investigation, afin que celle-ci soit porteuse de sens pour les enseignants et les élèves. De plus, un élément qui leur parait également essentiel est le dialogue et l'entraide avec les collègues. Ce constat corrobore la recherche soutenue par Talérien, Chaliès et Bertone (2019) qui met en évidence l'importance des échanges de pratiques entre pairs pour favoriser le développement professionnel. Par ailleurs, proposer des démarches et des outils permettant le développement des capacités méconnues permettra aux enseignants de mieux mettre en œuvre les prescrits scolaires. Nous mettons ici en lumière le lien entre le caractère indispensable de la pensée critique et les actions pédagogiques à mettre en œuvre pour la développer.

Face à ces constats, il convient réfléchir à la formation initiale et continue des enseignants et à la place qu'occupe le développement de la pensée critique au sein de cette formation.

5.1.3.2. Analyse des capacités pratiquées par les enseignants pour développer la pensée critique

En cohérence avec les définitions qu'ils proposent, la capacité la plus fréquemment adoptée par les enseignants est « Admettre ses propres erreurs ». Ce résultat suggère que mettre en lien la pensée critique et l'activation du contrôle inhibiteur est perçu comme pertinente par les enseignants. Dans le cadre théorique d'Houdé (2018), il apparaît important de développer un dispositif pédagogique exploitant cette dimension de la métacognition. Nous relevons également que deux capacités liées à la métacognition « S'autoévaluer » et « Se fixer des objectifs personnels » figurent parmi les capacités les plus plébiscitées par les enseignants participants. Cette observation corrobore l'idée selon laquelle le développement de la pensée critique implique la mise en œuvre d'actions métacognitives (Broyon, 2006).

Là où nos hypothèses portaient sur des différences d'approches plus marquées pour développer une pensée critique, en fonction de la discipline enseignée, en observant les capacités pratiquées en fonction des matières enseignées, nous observons que, selon les dires des enseignants, les différences sont minimes. Ce constat plaide en faveur de la conception d'une démarche transversale applicables à plusieurs disciplines. La métacognition et le contrôle inhibiteur apparaissent comme compétences transférables, quelle que soit la discipline.

Cependant, une analyse spécifique des pratiques relatées par les enseignants de sciences révèle une prévalence de la capacité métacognitive liée à la prise en compte des connaissances antérieures. Ce constat révèle une certaine cohérence de culture disciplinaire et est particulièrement encourageant, car il peut être un élément clé d'une mise en œuvre

d'une pratique didactique (Orange, 2000) centrée sur cette capacité qui fait déjà écho chez certains enseignants et qui peut alors être renforcée et encouragée.

Enfin, nous relevons que les enseignants en maternelle valorisent davantage la métacognition comme capacité pratiquée pour développer la pensée critique, par rapport aux enseignants du secondaire. Nous émettons l'hypothèse que cela découle d'une réalité professionnelle différente. En effet, dans l'enseignement maternel et l'enseignement primaire, l'approche interdisciplinaire est favorisée. Ce décloisonnement offre davantage de liberté pour mettre en œuvre des dispositifs variés et plus longs qui permettent l'inclusion de moments réflexifs et/ou de métacognition plus aisément. A l'inverse, cette réalité ne se retrouve pas dans l'enseignement secondaire où les enseignants ne donnent généralement cours que d'une seule matière et durant un nombre d'heures très précis et limités dans le temps.

5.1.3.3. Analyse des capacités estimées essentielles par les enseignants pour développer la pensée critique

Parallèlement aux capacités pratiquées, les enseignants ont proposé des capacités estimées essentielles.

Tout d'abord, y retrouvant deux capacités liées au contrôle inhibiteur, cela conforte les éléments détaillés précédemment : l'activation du contrôle inhibiteur semble essentielle, pour les enseignants, pour faire preuve de pensée critique. À l'inverse, seule une capacité liée à la métacognition est présente dans cette liste. Nous observons encore une certaine cohérence par rapport aux éléments relevés précédemment. La métacognition, bien que jugée importante dans les apprentissages (Allix et al., 2022) et en lien avec le développement de la pensée critique (Broyon, 2006), est mal connue des enseignants et peu mise en œuvre de façon consciente. Ces éléments sont en lien avec l'étude de Barbier et al. (2024). Celle-ci relève que les futurs enseignants du secondaire ont une mauvaise compréhension de ce qu'est la métacognition et de son importance dans les apprentissages.

Ensuite, parmi les dix capacités relevées, nous constatons que les enseignants en sciences en ciblent trois en lien avec le contrôle inhibiteur, alors que l'ensemble de l'échantillon n'en ciblait que deux. Nous constatons que la capacité « Prendre distance par rapport à ses représentations initiales » apparait dans ce classement. Le concept de « représentations initiales » est présent en didactique des sciences ; cela fait écho aux enseignants de cette matière (Orange, 2000). De Checchi et al. (2023) ont interrogé les représentations des enseignants de SVT (Sciences de la Vie et de la Terre) sur la pensée critique. Ils relèvent que, pour les enseignants interrogés,

> l'esprit critique renvoie à une attitude consistant à être précautionneux dans ses jugements, à prendre le temps de la réflexion et à éviter les décisions hâtives qui pourraient mener à croire des choses fausses ou à se fier à de mauvaises informations. (De Checchi et al., 2023, p. 59)

Ces observations sont en accord avec les capacités liées au contrôle inhibiteur mises en avant par les enseignants participants en sciences.

Enfin, l'écart observé entre les capacités pratiquées et les capacités estimées essentielles, révèle une difficulté à mettre en œuvre certaines capacités. Ce constat est un argument en faveur de la nécessité de former les enseignants au développement de la pensée critique des élèves.

Pour conclure, bien que ce travail comporte certaines limites méthodologiques, l'échantillon interrogé peut être considéré comme globalement représentatif de la population enseignante de la Fédération Wallonie-Bruxelles, ce qui confère une valeur significative aux résultats obtenus. En effet, malgré la surreprésentation du réseau libre subventionné, il convient de rappeler que les enseignants de tous les réseaux s'appuient sur les mêmes référentiels officiels, ce qui limite l'impact potentiel des différences structurelles liées à l'appartenance à des réseaux d'enseignement différents et soutient la comparabilité des pratiques et des représentations liées au développement de la pensée critique. Néanmoins, certaines limites doivent être prises en considération. Le questionnaire portait sur des pratiques déclarées, exposant possiblement les réponses au biais de désirabilité sociale (Van der Maren, 2004). Par ailleurs, bien que plusieurs professionnels aient analysé et validé l'outil, le kappa de Cohen n'a pas été calculé pour évaluer la fiabilité des catégories créées, ce qui constitue une limite méthodologique importante. De plus, la collecte de données s'est déroulée durant la pandémie de Covid-19, période marquée par un contexte professionnel particulièrement complexe pour les enseignants et susceptible d'avoir entravé la diffusion du questionnaire. Ces éléments, loin d'invalider la portée de la présente étude, renforcent au contraire l'intérêt de développer une version améliorée du questionnaire, intégrant une validation plus rigoureuse de la fiabilité (calcul du kappa de Cohen) et administrée à un échantillon encore plus large et diversifié dans un contexte postpandémique. Une telle démarche permettrait de consolider les conclusions avancées et d'affiner la compréhension du développement de la pensée critique dans l'enseignement au sein de la Fédération Wallonie-Bruxelles.

Les résultats offrent des perspectives intéressantes pour poursuivre nos réflexions. Les enseignants se sentent concernés par le développement de la pensée critique des élèves en adéquation avec les attendus des prescrits scolaires, mais révèlent, au travers de leurs réponses, un manque de structure dans leurs pratiques pour atteindre cet objectif. Nous soutenons qu'il est alors possible d'agir à différents niveaux.

Tout d'abord, cette recherche est un levier pour promouvoir et encourager le développement de la pensée critique des enseignants (Lépine, Nadeau, Gagnon, Alexandre et Laurence, 2022). Nous percevons toute la complexité de développer une pensée critique et nous questionnons la place du développement de la pensée critique dans la formation initiale des enseignants ou, tout au moins, la conscience de son développement. Cette étude permet d'identifier des besoins en termes de soutien ou de formation et pourrait, in fine, guider les décisions politiques et nourrir les programmes de formation des enseignants qui sont révisés en Belgique francophone sur la base des référentiels déjà publiés (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2022). Ensuite, nous soulignons que des capacités propres aux penseurs critiques font davantage écho chez les enseignants sondés et qu'elles peuvent donc être mises en avant pour aider les enseignants à produire leurs séquences d'apprentissage. Ainsi, le

développement du contrôle inhibiteur comme élément d'une pause métacognitive pourrait être un élément de réflexion intéressant afin de développer la pensée critique des élèves. Enfin, parallèlement à l'appropriation du concept de pensée critique par les enseignants, les données peuvent également soutenir l'élaboration d'outils spécifiques visant le développement de la pensée critique des élèves, en s'adaptant au mieux aux représentations et aux besoins des enseignants. Selon les représentations négatives qu'ont les enseignants sur la pensée critique des élèves, nous retenons que bien qu'un élève ait développé un regard critique sur un élément spécifique, si le contexte change, il n'activerait plus la même démarche mentale. Activer sa pensée critique au quotidien reste dès lors complexe. De plus, nous supposons que le contexte scolaire constituerait un levier pour mettre en œuvre une pensée critique. Généralement, enseignants et élèves ne mettent pas en place une pensée critique à tout instant. En fonction de la tâche à accomplir et du contexte, nous activons une démarche de pensée critique, ou non. Par ailleurs, sachant qu'au niveau cérébral une fonction automatisée est moins coûteuse en énergie qu'une fonction qui ne l'est pas (Moine Hauser, 2023), l'activation d'une démarche de pensée critique complexe et ponctuelle coûterait davantage en énergie que de se laisser porter par l'information, sans avoir conscience des biais et stéréotypes auxquels chacun fait face. Au regard de ces idées de perspective, nous pouvons envisager la création de dispositifs didactiques favorisant le développement de compétences liées à la pensée critique, sur la base d'éléments factuels, et le développement de certaines stratégies propres au penseur critique qui font davantage écho dans la population enseignante. Une démarche innovante associant investigation, pauses métacognitives et contrôle inhibiteur pourrait dès lors répondre à leurs besoins.

L'essentiel à retenir

Dans cette étude, nous examinons les représentations des enseignants concernant la pensée critique. Le questionnaire soumis à 258 enseignants révèle une grande diversité de représentations, souvent imprécises. Bien que la nécessité de développer la pensée critique des élèves soit largement reconnue, un décalage important persiste entre les capacités que les enseignants considèrent comme fondamentales à travailler en classe et celles qu'ils exercent réellement. 60% des enseignants sous-estiment la complexité inhérente à la pensée critique ; former les enseignants à une démarche socioconstructiviste associant investigation, pauses métacognitives et contrôle inhibiteur pourrait dès lors répondre à leurs besoins, indépendamment des disciplines enseignées.

5.2. Étude 2, influence des pauses métacognitives sur les compétences critiques

La première étude a mis en exergue une hétérogénéité marquée des définitions de la pensée critique de 258 enseignants, caractérisée par une imprécision importante. 60 % des enseignants se limitent à décrire la pensée critique avec une seule stratégie, reflétant une méconnaissance de sa complexité. Un écart persiste entre les capacités jugées fondamentales et celles réellement pratiquées ; seul 30 % des enseignants intègrent activement la pensée critique dans leurs cours, prétextant comme freins à son développement, le manque de temps ou de supports adaptés.

Pour répondre à ces constats et attentes, nous optons pour construire un dispositif didactique innovant de type socioconstructiviste intégrant démarches d'investigation et pauses métacognitives jugées essentielles pour développer la pensée critique, dans un premier temps (étude 2). Dans un second temps, l'impact d'un entrainement du contrôle inhibiteur sera également testé (étude 3).

En proposant ce dispositif, nous répondons également au souhait des enseignants de répondre au prescrit, c'est-à-dire aux programmes scolaires belges qui prônent le fait d'apprendre les sciences via des démarches d'investigation.

La validité de la séquence didactique imaginée ainsi que sa faisabilité font l'objet de cette seconde étude.

Celle-ci s'intitule « Analyse de l'influence de pauses métacognitives sur l'évolution de compétences critiques développées dans le cadre de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation ». Elle a fait l'objet d'une publication dans la revue RDST en décembre 2023 (Kariger et De Kesel, 2023).

5.2.1. Méthodologie

Cette étude, de nature exploratoire et combinant approches quantitative et qualitative, vise à tester la faisabilité du dispositif en contexte scolaire et à mesurer ses effets potentiels sur le développement de la pensée critique des élèves durant cinq semaines au travers d'un cours de physique des fluides. La présente méthodologie détaille l'échantillon de la recherche, le dispositif didactique mis en œuvre, les questions de recherche soutenues, la méthodologie d'analyse des données et le cadre éthique.

5.2.1.1. Échantillon

La recherche se déroule dans une école en Fédération Wallonie-Bruxelles en Belgique. Cette école est d'un indice socioéconomique élevé et propose de l'enseignement général de la 3^{e} à la 6^{e} année secondaire (élèves ayant entre 14 et 18 ans). Deux personnes portent le dispositif : un enseignant-chercheur et une future enseignante en stage chez ce dernier. L'enseignant, maître de stage et chercheur, est membre du personnel de l'école en question depuis 2014. Il y donne habituellement cours, notamment en 3^{e} année, à des élèves de 14-15 ans, dans quatre classes. Il a déjà précédemment accueilli des étudiants en stage qui ont

expérimenté leur travail de fin d'études (TFE) dans ses classes. Dans ce cas précis, il est co-promoteur du TFE de l'étudiante. La future enseignante est étudiante en 3e bac dans une haute école pédagogique. Cette recherche prend place dans le cadre de son deuxième stage de l'année, durant cinq semaines entre février et avril 2022. Son TFE y est consacré. Durant son stage, elle est amenée à enseigner l'ensemble de la matière de l'unité d'acquis d'apprentissage (UUA) 2 de physique, portant sur la physique des fluides (Fédération de l'enseignement secondaire catholique, 2014b).

Les séquences d'enseignement construites sont enseignées dans trois classes d'élèves ayant l'option « Sciences générales », soit un cours de sciences à raison de cinq heures par semaine. Le dispositif imaginé est testé dans ces trois classes, avec mise en œuvre de variables différentes pour chacune des classes (cf. Tableau 11) ; ces classes comptent respectivement onze, quatorze et quinze élèves. L'enseignant chercheur n'a pas mené de recherche antérieure avec ces classes, qui ne sont dès lors pas encore familières avec le dispositif mené. Du fait que les cours sont pris en charge par l'enseignante stagiaire, l'enseignant chercheur peut prendre de la distance par rapport au dispositif et observer sa mise en œuvre (depuis le fond de la classe), ce qui facilite son analyse (par la prise de notes durant les cours ou encore l'enregistrement vidéo des actions de l'enseignante stagiaire mais également des réactions des élèves).

5.2.1.2. Présentation du dispositif et des outils didactiques

Le dispositif didactique (cf. Tableau 11) est testé durant cinq semaines de stage, soit durant vingt-cinq périodes de cinquante minutes de cours dans chaque groupe classe. Dans la colonne « Nombre d'élèves », nous présentons le nombre initial d'élèves du groupe en question entre parenthèses. La seconde valeur affichée est le nombre d'élèves ayant réalisé l'ensemble du dispositif et qui est à considérer pour l'analyse statistique.

Tableau 11. Déroulement du dispositif didactique et groupes participant à la recherche

	Nombre d' élèves	Pré-test CCTT	5 DI			DI de transfert « La maison volante »	Évaluation globale des connaissances liées au chapitre de physique	Évaluation du dispositif à posteriori et post-test CCTT
			Pas de pause métacognitive	5 pauses métacognitives « Hypothèses » et 5 pauses métacognitives « interprétation »	5 pauses métacognitives « Recherche »			
Groupe classe A	(15) 13	X	X			X	X	X
Groupe classe B	(14) 9	X		X		X	X	X
Groupe classe C	(11) 10	X			X	X	X	X

Pour recueillir les données durant cette expérimentation, nous exploitons plusieurs outils. Au terme de la recherche, les données collectées sont croisées afin d'en retirer le plus d'informations possible.

En guise de prétest et post-test, chaque élève de chaque classe est amené à répondre par écrit au *Cornell Critical Thinking Test* (CCTT) (Ennis et al., 2005). Sa passation est une première dans un contexte francophone avec comme objectif de fournir une première valeur témoin de la pensée critique des élèves impliqués dans cette étude et de vérifier la faisabilité de la passation d'un tel test dans nos classes.

Durant les pauses métacognitives, le document à compléter est utilisé. Ce document a pour objectif de recueillir les réflexions des élèves émergeant à la suite des questions structurant la pause métacognitive et de permettre aux élèves de davantage structurer leur pensée, lorsqu'ils partagent leurs points de vue. Ce document est récupéré par les enseignants afin d'analyser les écrits et leur évolution.

La DI « La maison volante » est réalisée par groupe de trois élèves, dont un seul groupe est filmé. La vidéo réalisée est analysée afin d'y déceler si les trois élèves ont mis en œuvre les pauses métacognitives entrainées ou s'ils ont activé une tout autre démarche métacognitive. Dans un second temps, le groupe filmé est invité à vivre un temps d'auto-confrontation, en observant certains moments-clés de leur travail de groupe et à répondre à des questions soulevées à la suite de l'analyse de la vidéo de leur travail. Par ailleurs, cette DI « La maison volante » est également évaluée. Pour ce faire, les deux enseignants évaluateurs ont imaginé individuellement une grille d'évaluation de la production des élèves. Ils ont croisé leurs idées pour obtenir une grille d'évaluation commune. Cette grille est structurée selon les étapes de la DI pour lesquelles les élèves ont dû garder des traces écrites. Ces traces écrites sont analysées au regard des critères choisis par les enseignants. Ils ont alors évalué individuellement chaque production des groupes d'élèves. Enfin, ils ont croisé leurs évaluations personnelles pour obtenir une évaluation commune et attribuer un score sur dix à la production. Les résultats obtenus sont alors mis en relation avec les données filmées.

Au terme du chapitre de physique des fluides, les élèves réalisent une évaluation portant sur l'ensemble du chapitre afin de mettre en lumière leur maitrise des connaissances nouvellement acquises mais également leur réinvestissement des exercices de difficultés variées. Cette évaluation porte sur les connaissances des élèves (5 points), la réalisation d'applications (exercices chiffrés et de raisonnement comparables à ceux du cours) (15 points) et la réalisation d'un exercice de transfert (exercice complexe et innovant, mettant en lien les notions du cours) (5 points). Cet exercice de transfert a fait l'objet d'une attention particulière lors de sa création. Cet exercice de transfert ne consiste pas en une DI. Il s'agit d'un exercice posant une problématique pour laquelle les élèves doivent produire une réponse chiffrée et structurée. Des points sont attribués pour la structure de la réponse et pour l'exactitude des résultats obtenus. Pour structurer leur réponse, les élèves doivent mettre en évidence les données à disposition dans l'exercice et employer adéquatement les formules de physique apprises. Les élèves obtiennent un score sur cinq points. Par ailleurs, le score obtenu à cette évaluation globale du chapitre a également été utilisé afin de vérifier s'il était corrélé à la présence du dispositif.

Enfin, l'évaluation a posteriori est un questionnaire soumis aux élèves afin de collecter leurs impressions sur le dispositif vécu.

Les démarches d'investigation du dispositif

Les pauses métacognitives sont intégrées dans cinq DI successives en physique des fluides, en particulier sur la poussée d'Archimède. Chaque DI menée en cours est accompagnée d'un rapport de laboratoire (à compléter ou à réaliser). Ces DI sont structurées selon une approche inductive (Messier, 2016) des concepts à découvrir. Au regard des sous-compétences du CCTT, nous estimons que les élèves doivent mettre en œuvre les compétences d'émission d'hypothèses, d'induction et d'observation (et crédibilité). La cinquième DI constituant un réinvestissement exploite moins l'approche inductive, mais davantage l'approche déductive.

Parallèlement à l'échelle d'authenticité proposée par Cariou (2010), utilisée pour attribuer un score entre un et dix à chacune des DI, nous analysons également celles-ci au regard du classement de Verhaeghe, Wolfs, Simon et Compere (2004). Ceux-ci proposent de classer les différentes DI selon trois approches : illustrative, empiriste ou constructiviste. Au regard des critères déterminant ces approches, nous estimons pouvoir critiquer les DI construites en nuançant les approches dont elles feraient partie. Si les trois premières démarches sont réalisées/guidées par l'enseignante stagiaire selon un mode opératoire précis, ce qui relève davantage de l'approche illustrative, elles sont également construites selon la structure OHERIC relevant également d'une approche empiriste. De plus, chacune des cinq démarches proposées est construite de façon à faire émerger les représentations initiales des élèves et peut donc être présentée comme tendant vers une approche constructiviste. Nous estimons que la dernière DI réalisée par les élèves sans aucune aide de l'enseignante stagiaire et dont chacune des étapes est construite et justifiée par le groupe d'élèves et dont la progression dans la phase de recherche est réalisées par les élèves seuls, relève pleinement d'une approche constructiviste.

La première DI, « Première approche qualitative de la force d'Archimède », a été conçue pour être menée durant vingt minutes de cours et est dotée d'un score de quatre sur dix. Au cours de cette DI, les élèves doivent répondre à la question « Comment se comportent ces corps lorsqu'ils sont immergés dans de l'eau ? Coulent-ils ou remontent-ils à la surface ? ». Ils comparent le comportement de plusieurs objets lorsqu'ils sont plongés dans un liquide. Certains objets sont laissés au choix des élèves, tandis que d'autres sont proposés par l'enseignante stagiaire afin de susciter un conflit cognitif (par exemple : pour certains élèves, dès qu'un corps est creux et comporte de l'air, celui-ci flotterait à la surface de l'eau).

La deuxième DI, « Première approche quantitative de la force d'Archimède centrée sur la différence entre le poids réel et le poids apparent », a été conçue pour être menée durant trente minutes de cours et est dotée d'un score de six sur dix. Au cours de cette DI, les élèves répondent à la question « Comment varie le poids d'un corps lorsque ce dernier est dans l'air ou immergé dans l'eau ? ». Ils mesurent le poids de plusieurs corps dans l'air avant d'en mesurer le poids dans l'eau, afin d'en faire émerger la différence correspondant à la force d'Archimède.

La troisième DI, « Deuxième approche quantitative de la force d'Archimède centrée sur la détermination du poids de volume de fluide déplacé », a été conçue pour être menée durant

trente minutes de cours et est dotée d'un score de quatre sur dix. Au cours de cette DI, les élèves répondent à la question « Lorsqu'un corps est immergé dans un fluide, à quoi correspond le poids du volume de fluide déplacé ? ». Ils sont amenés à comparer la force d'Archimède subie par un corps immergé dans l'eau (selon la méthode découverte lors de la DI précédente) et le poids du volume de fluide déplacé (dans ce cas, de l'eau), afin de mettre en exergue le point commun pour en faire émerger le principe.

La quatrième DI, « Détermination des facteurs influençant la force d'Archimède » a été conçue pour être menée durant deux heures de cours et est dotée d'un score de dix sur dix. Au cours de cette DI durant laquelle les élèves construisent l'ensemble du raisonnement pour obtenir des résultats pertinents, les élèves doivent créer des dispositifs expérimentaux pour vérifier les facteurs qui influencent la force d'Archimède. Ils répondent à la question « Quels sont les facteurs influençant la force d'Archimède ? ».

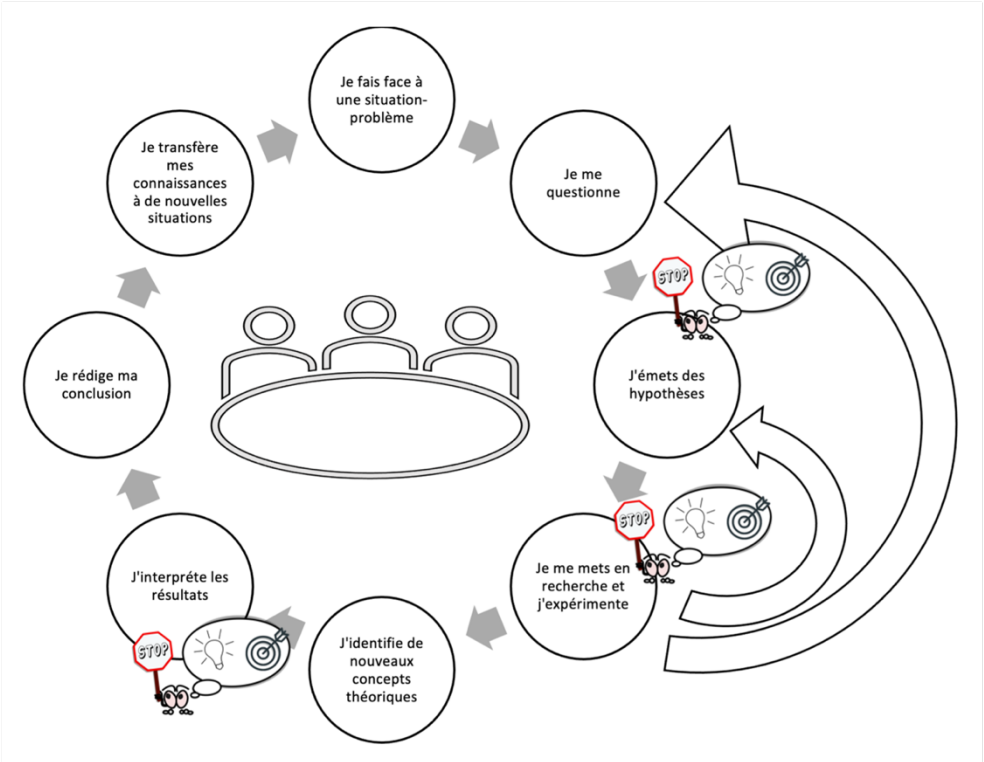
La DI dite de « La maison volante » a été abordée comme un réinvestissement des notions vues en classe (tel une activité de transfert). Face à une problématique innovante et complexe, les élèves répartis en groupe, ont dû lire des documents, en extraire les données, les mettre en lien avec leurs connaissances nouvellement acquises et produire une réponse structurée, argumentée et étayée sur la base des formules mathématiques apprises. Ce dispositif a été conçu pour être mené durant deux heures de cours et est doté d'un score de dix sur dix.

La cinquième DI est réalisée après le chapitre sur la force d'Archimède. Elle prend place pour découvrir la pression hydrostatique. Les élèves doivent répondre à la question « Que se passe-t-il lorsque la main placée dans un sac est plongée sous l'eau ? Pourquoi ? ». Durant cette démarche, les élèves sont amenés à ressentir la pression de l'eau agissant sur sac en plastique dans lequel est glissé leur main. Le sac en plastique vient se plaquer contre leur main. Cette DI ne porte pas sur la poussée d'Archimède, mais a donné lieu à la mise en place d'une ou plusieurs pauses métacognitives.

Les pauses métacognitives dans les DI

Comme le détaillent Colognesi et Van Nieuwenhoven (2016), les actions métacognitives peuvent prendre place à différents moments d'une démarche menée. Sur la base de l'enquête menée auprès des enseignants francophones belges, des capacités cognitives des élèves de 14-15 ans, des compétences développées par la DI et des cinq compétences interdépendantes de la pensée critique évaluées dans le *Cornell Critical Thinking Test* (l'induction, la déduction, l'observation, la crédibilité et l'émission d'hypothèses), nous avons opté pour trois moments de pause métacognitive (cf. Figure 19).

Figure 19. : Les étapes de la DI et l'introduction des pauses métacognitives choisies



Le premier moment clé de la DI choisi est « l'émission d'hypothèses », compétence spécifique de la pensée critique évaluée dans le CCTT, également importante selon les théories d'Ennis (2015), mais aussi de Paul et Elder (2008). L'émission d'hypothèses est une compétence essentielle mise en avant dans le référentiel du cours de sciences (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2013 ; FÉSEC, 2014a, 2014b) et entraînée aussi bien au primaire qu'au secondaire, et donc particulièrement bien adaptée à notre public cible. Malgré son importance, les enseignants ayant participé à l'enquête rapportent que les élèves rencontrent des difficultés à émettre des hypothèses réfléchies, structurées et basées sur leurs représentations et connaissances antérieures.

Le second temps choisi est celui de la « recherche d'informations », que ce soit au travers de lectures de documents, de recherches sur internet, de visionnages de médias ou de manipulations en laboratoire. Également préconisées par les référentiels et notre enquête, les compétences d'observation et d'analyse de la crédibilité des données fournies, nous semblent importantes et adaptées à notre public cible.

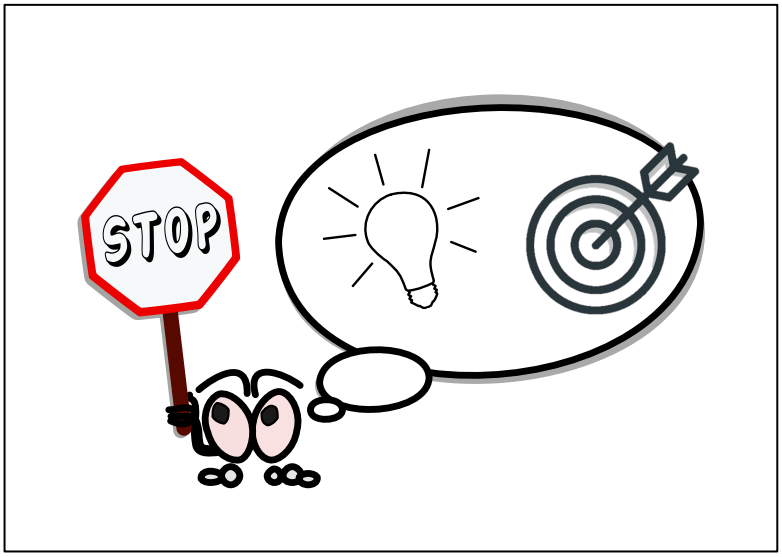
Enfin, le troisième temps choisi est le moment de « l'interprétation des résultats » basée sur les observations et les recherches réalisées. Lors de cette phase de la DI, les compétences d'induction et de déduction peuvent être activées. Par ailleurs, cette étape de l'interprétation, mise en avant dans les référentiels, tient un rôle essentiel dans la DI menée dans nos classes

puisqu'elle suscite le débat, les échanges et de là, les capacités caractéristiques de la pensée critique.

Le groupe classe A est le groupe contrôle. Dans ce cas, aucune action métacognitive n'est mise en place. Le groupe classe B, dit le groupe « Hypothèse-Interprétation », vit le dispositif durant lequel les pauses métacognitives ont lieu au moment de l'émission des hypothèses et au moment de l'interprétation. Enfin, le groupe classe C, dit le groupe « Recherche », vit un dispositif durant lequel les pauses métacognitives ont lieu au moment de la phase de recherche durant le temps d'observation et de la vérification de la crédibilité des observations.

Pour faire vivre ces pauses métacognitives dans deux des trois classes, et éviter que les élèves donnent une réponse trop rapide et intuitive, l'enseignante stagiaire montre à l'ensemble de la classe une affichette avec un pictogramme spécifiant ce à quoi ils devaient être attentifs (cf. Figure 20), en leur disant de prendre le temps de réfléchir. Nous proposons une pause métacognitive de manière proactive (Colognesi, 2015) : préalablement à l'émission d'hypothèses, la phase de recherche ou la phase d'interprétation. Chaque pause métacognitive est structurée par deux « prompts métacognitifs » (Colognesi et Lucchini, 2016). Il s'agit de deux questions de l'ordre de la planification (Colognesi, 2015). L'enseignante stagiaire énonce alors les deux prompts métacognitifs sous la forme des questions suivantes « Qu'est- ce que je sais déjà ? » et « Comment atteindre mon objectif ? ». Ces prompts apparaissent également sur le document écrit que les élèves doivent compléter. Les élèves doivent répondre individuellement par écrit à ces questions. Après cette phase, les réponses apportées sont débattues oralement soit en sous-groupes soit avec l'ensemble de la classe.

Figure 20. Pictogramme symbolisant la mise en place d'une pause métacognitive. Source : Pixabay.



5.2.1.3. Questions de recherche et hypothèses

Nous formulons la question de recherche suivante :

Dans le contexte spécifique de l'ESFI avec des élèves de 14-15 ans, quels sont les effets de la mise en œuvre de pauses métacognitives sur le développement de compétences relatives à la pensée critique ?

Nous pensons que le moment dans la DI durant lequel les actions métacognitives sont mises en œuvre ont de l'influence sur le développement de la pensée critique et la résolution de problèmes en physique. Nous pensons que ces actions métacognitives ont plus d'influence lorsqu'elles sont activées au moment de l'émission d'hypothèse et au moment de la phase d'interprétation. À l'inverse, nous pensons qu'elles ont moins d'effet lorsqu'elles sont activées au moment de la phase d'observation. Nous pensons également que les élèves entrainés à activer ces actions métacognitives lors d'une DI sont capables de les activer à nouveau lorsqu'ils doivent mener une nouvelle DI.

Nous proposons les hypothèses suivantes :

- le groupe B aura un score moyen plus élevé que le groupe contrôle dans les sous-catégories du CCTT « Hypothèses », « Induction » et « Déduction » ;
- le groupe C aura un score moyen plus élevé que le groupe contrôle dans les sous-catégories du CCTT « Observation » et « Crédibilité » ;
- le groupe B présentera une meilleure réalisation de la DI évaluée, que les groupes A et C.

5.2.1.4. Méthodologie d'analyse

Plusieurs analyses ont été réalisées. La corrélation entre l'évolution des résultats obtenus au CCTT en pré- et post-test (score sur 71) et le nombre de pauses métacognitives vécues par les élèves de ces trois classes a été analysée. Le score au CCTT est mis en lien avec les résultats de l'évaluation de la DI « La maison volante ». Le score au CCTT et à l'exercice de transfert proposé en fin de séquence ont également été analysés afin de voir s'il existe une corrélation entre ces données.

Parallèlement à ces analyses quantitatives, une analyse qualitative est réalisée. Les traces écrites réalisées durant les pauses métacognitives sont analysées au regard de l'aisance à s'exprimer à l'écrit.

Les vidéos réalisées durant la DI « La maison volante » sont analysées pour y relever des moments où les élèves semblent mettre en œuvre une démarche métacognitive. À la suite de cette analyse, la phase d'auto-confrontation est structurée à partir de l'analyse réalisée par les enseignants.

Les vidéos réalisées durant les pauses métacognitives sont analysées de façon à mettre en évidence les prises de paroles des élèves et leur aisance à s'exprimer durant celles-ci. Ces prises de paroles sont mises en lien avec les traces collectées lors des pauses métacognitives.

5.2.1.5. Autorisation et respect de la vie privée

Préalablement à la mise en œuvre de cette étude, la direction a rendu un avis favorable pour mener celle-ci au sein de son école. Les élèves et leurs parents ont marqué leur accord de participation à l'étude.

Nous garantissons que l'ensemble des données collectées ne sont exploitées que dans le cadre de cette recherche doctorale et des communications inhérentes à cette dernière. Les données collectées seront conservées de manière sécurisée pendant toute la durée nécessaire à l'analyse et à la rédaction des publications scientifiques issues de cette recherche. Elles seront ensuite supprimées de manière définitive une fois l'ensemble des publications finalisées.

Dans un souci éthique, nous précisons également que, au terme du dispositif, les élèves du groupe contrôle ont aussi été entraînés à l'activation de pauses métacognitives. De plus, les questions structurant chaque pause métacognitive ont continué à être employées dans chaque groupe jusqu'en fin d'année, mais sans les formaliser.

5.2.2. Résultats

Afin de recueillir les données permettant l'analyse du dispositif, plusieurs outils de collecte de données ont été créés (le CCTT traduit en français, le document à compléter lors de chaque pause métacognitive, le document de la DI « La maison volante », une évaluation certificative de physique des fluides, un questionnaire en ligne à destination des élèves, complété au terme du dispositif et le portfolio de l'enseignante stagiaire). Les effets du dispositif sont analysés selon une approche quantitative et qualitative. Nous avons été particulièrement attentifs à la façon dont l'enseignante stagiaire intégrait les pauses métacognitives, les prompts métacognitifs et la réflexion qui en découlait chez les élèves. La mise en œuvre de ces actions sur le développement de la pensée critique a été analysé. Enfin, en phase de transfert, nous avons observé si les élèves mettaient en place de façon autonome de telles actions.

Tout d'abord, nous analysons l'influence des pauses métacognitives sur l'évolution des résultats au CCTT. Ensuite, nous analysons l'influence des pauses métacognitives sur la capacité à transférer. Nous poursuivons en analysant les traces écrites recueillies durant ces pauses métacognitives. Enfin, nous abordons l'appropriation de la démarche par les élèves et l'enseignante stagiaire.

5.2.2.1. Analyse quantitative et qualitative de l'influence des pauses métacognitives sur l'évolution des résultats au CCTT

Ayant réalisé le CCTT en prétest et en post- test, il nous est d'abord possible d'analyser les résultats de façon globale. Afin d'obtenir un score au CCTT, nous optons pour la pondération suivante : 1 point par réponse correcte, -0,5 point par réponse erronée et 0 point pour une abstention. Selon cette méthode, le résultat peut être au maximum de 71 points.

Les tableaux suivants (cf. Tableau 12 et Tableau 13) présentent une comparaison des résultats au CCTT entre le pré- test et le post-test pour chaque groupe expérimental. Le tableau 13 présente la comparaison des résultats au CCTT entre le prétest et le post-test pour l'ensemble de l'échantillon.

Tableau 12. Analyse descriptive du CCTT en prétest et post-test pour chaque groupe expérimental

		Groupe A		Groupe B		Groupe C	
		Résultats au CCTT en prétest	Résultats au CCTT en post-test	Résultats au CCTT en prétest	Résultats au CCTT en post-test	Résultats au CCTT en prétest	Résultats au CCTT en post-test
N	Valide	13	13	9	9	10	10
	Manquant	0	0	0	0	0	0
Moyenne		28,69	29,42	34,78	37,72	28,50	29,55
Médiane		34,00	30,00	35,50	41,50	27,00	30,75
Écart type		13,55	12,26	5,43	7,94	12,18	17,13
Minimum		7,00	14,50	23,50	22,00	11,50	2,50
Maximum		50,50	58,00	41,50	46,00	52,50	56,50

Tableau 13. Analyse descriptive du CCTT en prétest et post-test pour l'ensemble des élèves

		Résultats au CCTT en prétest	Résultats au CCTT en post-test
N	Valide	32	32
	Manquant	0	0
Moyenne		30,34	31,80
Médiane		34,00	32,50
Écart type		11,39	13,18
Minimum		7,00	2,50
Maximum		52,50	58,00

Pour comparer les résultats du CCTT au prétest et au post- test, nous appliquons un test t pour échantillons appariés. Tout d'abord, au regard du diagramme à feuilles examinant la distribution de la différence de résultats au CCTT entre le prétest et le post-test, nous constatons que cette distribution semble normale. Nous estimons donc respecter la normalité de la distribution de la différence. Au regard des premières statistiques descriptives (cf. Tableau 14 et Tableau 15), nous constatons que le résultat moyen du post- test est supérieur à celui du prétest. Par contre, on constate que l'écart type a augmenté, ce qui indique davantage de dispersion dans les résultats. Puis, préalablement au test t, nous vérifions la

corrélation de Pearson entre les deux mesures. Nous constatons une forte corrélation ($r = .778$) significative ($p < .001$). Cette observation révèle une certaine cohérence entre les résultats du temps un et du temps deux pour chaque élève. Cette cohérence est peut-être trop forte au risque de ne pas voir d'évolution entre le prétest et le post-test. Bien que l'on observe une différence entre les deux moyennes (cf. Tableau 15), le test t montre que l'écart type est supérieur à la différence entre ces moyennes et qu'il n'est donc pas significatif ($p > .05$). Il n'existe donc pas de différence significative entre les résultats au prétest et au post- test. Dès lors, il y a un rejet de l'hypothèse alternative H1 qui soutenait le fait qu'il existe une différence entre les résultats au prétest et au post- test.

En analysant chaque groupe expérimental (A, B ou C), nous obtenons un constat similaire. Selon le test de Shapiro-Wilk, nous posons deux hypothèses : H0, les résultats des trois groupes suivent une loi normale ; H1, les résultats des trois groupes ne suivent pas une loi normale. Étant donné que la p-valeur est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha = .05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H0. Bien que la normalité des résultats soit cohérente, vu la petite taille de l'échantillon, nous choisissons de vérifier si la différence entre le prétest et le post- test est significative par un test de Wilcoxon pour échantillons appariés. Le test de Wilcoxon montre que les scores au post- test ne sont pas significativement plus élevés ($Z = -,559$, $p = ,576$; $Z = -1,365$, $p = ,172$; $Z = -,663$, $p = ,508$). Les résultats au post-test ne sont donc pas significativement supérieurs aux résultats au prétest, quel que soit le groupe expérimental (A, B ou C).

Tableau 14. Test t pour échantillons appariés (les résultats du prétest et du post-test)

Test des échantillons appariés									
	Différences appariées					t	df	Signification	
	Moyenne	Écart type	Moyenne d'erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %					
				Inférieur	Supérieur			p unilatéral	p bilatéral
Prétest – post-test	-1,453	8,367	1,479	-4,47	1,563	-0,982	31	0,167	0,333

Par ailleurs, grâce au manuel du CCTT, il nous est possible de comparer le résultat moyen de notre échantillon avec d'autres résultats recueillis aux États-Unis (cf. Tableau 15). Nous relevons que les comparaisons sont à nuancer fortement, car les milieux et les populations soumis au CCTT ne sont pas nécessairement comparables à notre cas. De plus, les valeurs de comparaisons ont été mesurées entre les années 1960 et les années 1990. Le manuel de passation propose également une méta analyse en fournissant une moyenne globale pour tous les échantillons correspondant à une tranche d'âges données (cf. Tableau 15). Ils regroupent les élèves de grade sept à grade neuf (de 12 à 15 ans).

Tableau 15. Comparaison du résultat moyen de notre échantillon au CCTT avec un autre échantillon

	Notre échantillon	Échantillon « comparable » (tous les élèves de grade 8 de 11 écoles centrales du nord de l'État de New-York, dans les années 1960)	Valeurs pour l'ensemble des échantillons d'élèves entre 12 et 15 ans
Âges des élèves	14-15 ans	13-14 ans	12-15 ans
N	32	1126	Donnée non fournie
Moyenne	30,3	22,4	23,9
Écart type	11,4	12	11,3

Le nombre de pauses métacognitives ne semble pas influencer l'évolution du score global du CCTT ou de ses sous-compétences (la déduction, l'induction, les observations, la crédibilité et les hypothèses). Le coefficient de corrélation de Pearson n'est pas significatif ($p > .05$). Selon l'hypothèse nulle, ces variables ne semblent pas associées dans le dispositif mis en place. Nous observons également que la valeur médiane a diminué, l'écart-type a cru et les minima et maxima sont davantage écartés de la moyenne (l'écart entre la valeur minimale et la valeur maximale s'est accru). Ces constats ne sont pas en faveur d'un dispositif ayant apporté globalement une plus-value importante, car les résultats ne tendent pas vers une homogénéisation de leurs valeurs, mais vers un accroissement de leurs divergences. Il convient dès lors d'analyser plus précisément les groupes d'élèves et de relever des constats plus subtils. Les différences entre les trois groupes expérimentaux n'étant pas significatives, nous analysons l'influence du dispositif selon d'autres groupes que l'on peut former. Au regard des résultats obtenus au CCTT en post-test, il est possible de répartir l'ensemble des élèves dans trois groupes : un groupe « moins performant » dont les élèves ($N = 7$) ont un score total inférieur à l'écart- type (score inférieur à 20/71), un groupe dont les élèves ($N = 17$) ont un score total compris dans l'écart-type (score compris entre 20/71 et 40/71) et un groupe « plus performant » dont les élèves ($N = 8$) ont un score supérieur à l'écart-type (score supérieur à 40/71).

Au vu de la petite taille des différents groupes, nous examinons la corrélation de Spearman pour les différentes variables analysées. Pour une raison de lisibilité, nous ne présentons ci-après que les corrélations ayant une signification inférieure à un $\alpha = .05$.

Pour les élèves ayant un score inférieur à 20/71 (cf. Tableau 16), le coefficient de Spearman vaut $rs = -,917$, $p = ,004$. On rejette donc l'hypothèse nulle. Selon les balises de Cohen (Yergeau et Poirier, 2021), cette corrélation est qualifiée de forte. Comme le coefficient est négatif, l'évolution du score de la sous-compétence « Déduction » du CCTT est associée négativement au nombre de pauses métacognitives vécues. À l'inverse, pour les élèves ayant un score supérieur à 40/71 (cf. Tableau 16), le coefficient de Spearman vaut $rs = ,800$, $p = ,017$. Selon les balises de Cohen (Yergeau et Poirier, 2021), nous observons

que cette corrélation est forte. Comme le coefficient est positif, l'évolution du score de la sous-compétence « Déduction » du CCTT est associée positivement au nombre de pauses métacognitives vécues. Ce constat est interpellant. En effet, pour les élèves performant globalement moins bien, le nombre de pauses métacognitives ne les aide pas à améliorer leur score de déduction au CCTT. À l'inverse, la démarche est bénéfique pour les élèves qui performent le mieux.

Tableau 16. Corrélation entre le nombre de pauses métacognitives et l'évolution du score de la sous-compétence « Déduction » en fonction du score global des élèves (performant le moins bien ou le mieux)

		Élèves performant le moins bien ayant un score inférieur à 20/71.	Élèves performant le mieux ayant un score supérieur à 40/71.
		Évolution de la sous-compétence « Déduction » entre le pré-test et le post-test.	
Nombre de pauses métacognitives	Coefficient de corrélation de Spearman	-0,917	0,800
	Sig. (bilatérale)	0,004	0,017

Il est également possible de mettre en lien ces résultats quantitatifs avec des observations qualitatives menées. Nous constatons que les élèves performant le mieux, ayant un score supérieur à 40/71 (38 % des élèves) verbalisent davantage lors des pauses métacognitives. Sur les documents de recueil des idées lors les pauses métacognitives (cf. Annexe 9), ils répondent aux questions (ce qui n'est pas le cas de tous les élèves). Sans que leurs réponses soient plus correctes que d'autres, elles sont souvent plus étayées, notamment lorsqu'il s'agit de prendre conscience de ses représentations initiales en répondant à la question « Qu'est que je sais déjà ? ». Il y a une forme de développement de capacités discursives.

De plus, nous avons observé que l'une des élèves performant le mieux a exprimé à voix haute les questions travaillées et les réponses associées lors des pauses métacognitives lors de la DI de transfert « La maison volante » et ce, sans intervention de l'enseignante stagiaire. Ces observations sont encourageantes mais ne sont retrouvées que chez une élève particulièrement motivée en classe et assidue dans son travail.

5.2.2.2. Analyse quantitative et qualitative de l'influence des pauses métacognitives sur la capacité à transférer

Chaque étape de la DI de transfert « La maison volante » est évaluée. Cette démarche est comparable aux DI menées en classe, mais est réalisée sans l'intervention de l'enseignante. Pour l'ensemble de l'échantillon (32 élèves), nous constatons que le résultat de l'évaluation de cette DI de transfert est corrélé de façon significative ($p = ,009$) avec le nombre de pauses métacognitives (0,5 ou 10) (cf. Tableau 17, Tableau 18 et Figure 21). Nous rejetons l'hypothèse nulle. Selon les balises de Cohen (Yergeau et Poirier, 2021), nous estimons que cette corrélation est moyennement forte ($r = ,456$). Comme le coefficient est positif, le résultat obtenu à cette DI est associé positivement au nombre de pauses métacognitives vécues. De plus, au regard de la valeur de R^2 (cf. Tableau 18), nous pouvons dire que le

nombre de pauses métacognitives vécues peut expliquer près de 21 % de la variation du résultat final de cette DI. Ce résultat encourageant soutient nos hypothèses. Par ailleurs, il peut être mis en relation avec des observations qualitatives menées le jour de la réalisation de cette DI. En effet, dans le groupe classe B, un groupe d'élèves a énoncé à haute voix les deux questions métacognitives entrainées lors des pauses métacognitives menées en classe, alors qu'il n'y avait aucun rappel de celles-ci dans les documents à dispositif. Ces élèves ont pris le temps de mener une discussion autour de ces questions avant de rédiger leurs hypothèses. Ils n'ont pas soulevé ces questions de la même façon avant de proposer leur interprétation. À l'inverse, dans le groupe classe C, lors de l'autoconfrontation réalisée avec un groupe d'élèves, ces derniers expliquent qu'ils se posent les questions métacognitives développées de façon « automatique », sans s'en rendre compte. Ces observations soutiennent l'idée qu'il convient de mettre en œuvre un certain nombre de pauses métacognitives afin que les élèves en prennent conscience et les appliquent sans que la demande soit explicite de la part de l'enseignant.

Tableau 17. : Corrélation entre le nombre de pauses métacognitives et le résultat global de la DI « La maison volante »

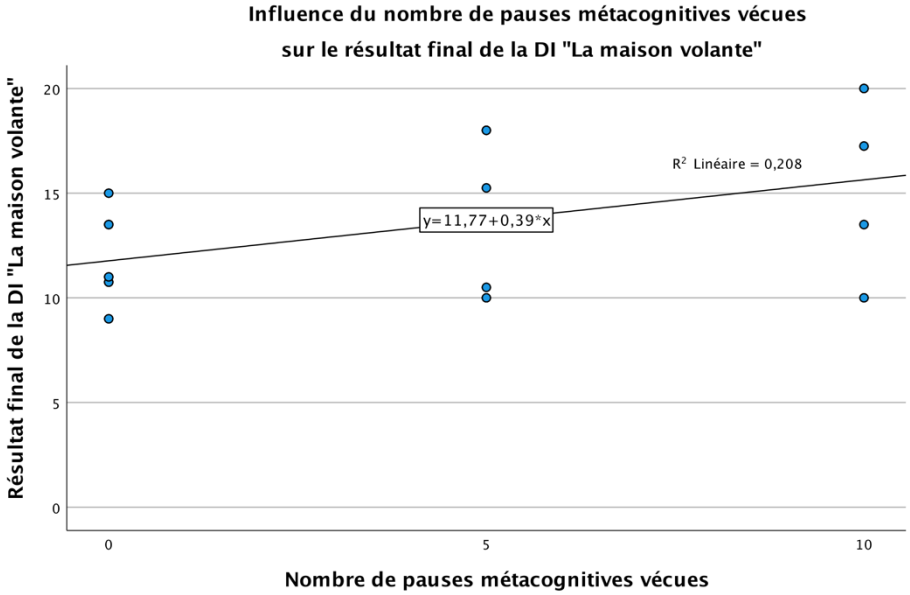
		Résultat de l'évaluation de la DI « La maison volante »
Nombre de pauses métacognitives	Corrélation de Pearson	0,456
	Sig. (bilatérale)	0,009

Tableau 18. Valeur de R^2

Récapitulatif du modèle				
Modèle	R	R^2	R^2 ajusté	Erreur standard de l'estimation
1	0,456[a]	0,208	0,181	3,199

a. Prédicteur : (Constante), Nombre de pauses métacognitives vécues

Figure 21. Régression linéaire présentant les résultats de la DI de transfert « La maison volante » en lien avec le nombre de pauses métacognitives



Enfin, nous mentionnons que l'enseignante stagiaire a réalisé une évaluation globale des connaissances liées au chapitre de la physique des fluides. Les résultats obtenus lors de cette évaluation ne sont pas liés ($r = 0,323$, $p = 0,71$) au dispositif vécu.

5.2.2.3. Analyse qualitative des écrits collectés durant les pauses métacognitives

La pause métacognitive peut être structurée en trois temps (Romainville, 2007). Durant la phase d'explicitation, à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? », l'élève prend conscience de ses connaissances et représentations pour répondre à la question posée. Durant la phase d'analyse, que ce soit pour émettre son hypothèse, clarifier ses observations ou interpréter un phénomène, l'élève analyse les informations à sa disposition. Enfin, durant la phase d'abstraction, après l'intervention de l'enseignante stagiaire pour encourager l'échange d'idées en classe, l'élève adopte une réflexion nourrie par la discussion menée avec ses pairs et peut l'utiliser pour construire ses apprentissages.

Accueil des pauses métacognitives par les élèves

La mise en œuvre explicite de pauses métacognitives est une démarche que l'enseignante stagiaire n'avait jamais exercée auparavant et que les élèves n'avaient jamais vécue non plus. Tous intrigués et silencieux au départ, certains élèves se sont montrés de plus en plus réceptifs et de plus en plus loquaces et critiques au fur et à mesure de la séquence d'enseignement, lorsqu'ils devaient s'exprimer et répondre aux deux questions posées, notamment lors de l'émission des hypothèses et lors de l'interprétation des résultats.

Évolution de la qualité réflexive

Nous analysons l'évolution de la qualité réflexive des réponses des élèves à la question « Que sais-je déjà ? » et « Comment atteindre mon objectif ? » ainsi que leur persévérance à y répondre.

Au début du dispositif, la question « Comment atteindre mon objectif ? » apporte des réponses très rudimentaires, voire aucune réponse. Par exemple, plusieurs élèves répondent aux sous- questions formulées pour guider la réflexion, par oui ou non ; ou encore, lors de la troisième pause métacognitive (sur douze pauses pour le groupe B), à la question « Comment atteindre mon objectif ? » une élève se contente d'écrire :

- *Je pense que…*
- *Se baser sur ses connaissances*

Cette élève a rédigé ses idées sous la forme de tiret sans explicitation. Au regard du contexte, nous comprenons qu'elle structure son hypothèse en commençant par la formulation « Je pense que ». Elle estime qu'elle doit se baser sur ses connaissances pour produire son hypothèse mais ne développe pas sa réponse.

En début de dispositif, bien que la question soit comprise et que la majorité des élèves disent ne pas avoir de difficulté à y répondre, seulement onze élèves sur vingt-trois parviennent à déployer leur pensée.

À mi-parcours, sous l'impulsion de l'enseignante stagiaire, les élèves parviennent à mieux verbaliser à voix haute en classe. Cela ne se traduit pas nécessairement à l'écrit dans les traces que nous avons collectées.

En fin de séquence, nous constatons chez quinze élèves (sur vingt- trois) que les réponses sont de plus en plus succinctes au fur et à mesure des pauses métacognitives menées. Certaines ne font que répéter ce qu'ils ont écrit précédemment.

Par exemple, lors de la cinquième pause métacognitive (sur six pauses pour le groupe C), un élève se limite à écrire ceci en réponse à la question « Comment atteindre mon objectif ? » :

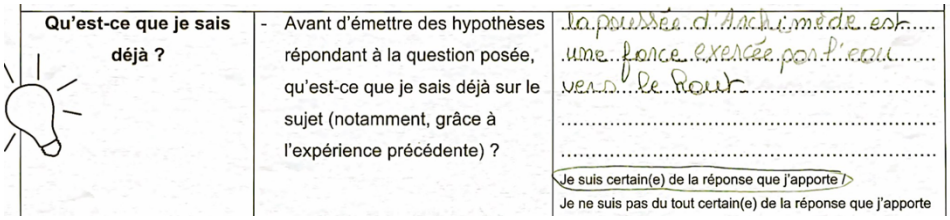
- *Oui*
- *Tous*
- *Qualitative*

L'élève répond aux sous-questions proposées pour guider la réflexion, mais ne rédige plus de phrase construite. Les élèves présentent une certaine lassitude (observée par l'enseignant et exprimée par les élèves) à mener cette démarche de façon répétée sans en percevoir réellement l'intérêt. Certains élèves n'écrivent plus rien alors qu'ils ont développé leurs réponses lors des premières pauses.

À l'inverse, nous observons une évolution positive de la rédaction chez six élèves (sur vingt-trois). Parmi ceux-ci, une élève n'avait rien pu répondre lors de la première pause

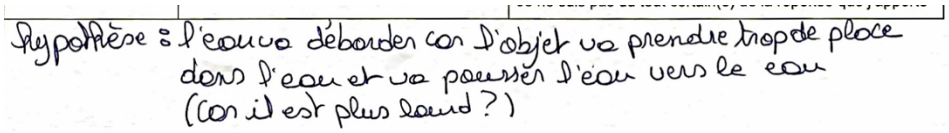
métacognitive mise en œuvre. À la suite de cette première pause, l'enseignante stagiaire avait interpellé cette élève afin de comprendre les raisons justifiant le fait de rendre une feuille vierge. L'élève avait alors exprimé ne pas comprendre les questions. Elle avait également précisé qu'elle pouvait avoir des idées plus ou moins précises dans sa tête, mais qu'il était difficile de les écrire. Après avoir été rassurée et encouragée par l'enseignante stagiaire, cette élève, lors de la troisième pause métacognitive, a commencé à rédiger des phrases. Par exemple, à la question « Qu'est- ce que je sais déjà ? », elle répond :

Figure 22. Trace écrite lors de la troisième pause métacognitive « La poussée d'Archimède est une force exercée par l'eau vers le haut »



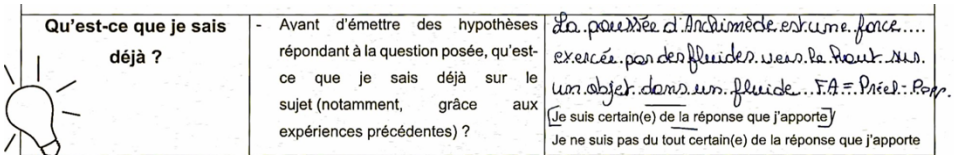
Lors de la cinquième pause métacognitive, l'élève, en plus de répondre aux questions posées, rédige son hypothèse construite :

Figure 23. Trace écrite lors de la cinquième pause métacognitive « Hypothèse : l'eau va déborder car l'objet va prendre trop de place dans l'eau et va pousser l'eau vers le haut (car il est plus lourd ?) »



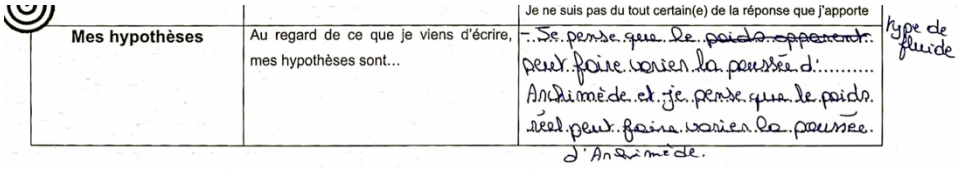
Lors de la septième pause vécue, cette élève propose des réponses construites faisant référence aux notions vues précédemment. À la question « Qu'est- ce que je sais déjà ? », elle répond :

Figure 24. Trace écrite lors de la septième pause métacognitive « La poussée d'Archimède est une force exercée par des fluides vers le haut sur un objet dans un fluide. $F_A = P_{réel} - P_{apparent}$ »



Elle structure son hypothèse de la façon suivante :

Figure 25. Trace écrite lors de la septième pause métacognitive « Je pense que le type de fluide peut faire varier la poussée d'Archimède et je pense que le poids réel peut faire varier la poussée d'Archimède »



Évolution de la qualité réflexive de leurs réponses en fonction des phases de la DI vécue

Nous observons que les temps de pauses métacognitives semblent davantage profitables à la verbalisation des hypothèses et des interprétations (groupe B) qu'à la mise en œuvre de la recherche même (groupe C). La pause métacognitive préalable à la phase de recherche génère des réponses plus courtes et identiques entre les différentes DI proposées. Les élèves semblent rentrer dans la phase de recherche sans difficulté spécifique. Par contre, durant la DI « La maison volante », nous relevons que, lors des phases de recherche et d'analyse des documents à disposition, plusieurs actions métacognitives sont posées afin d'analyser au mieux les données fournies.

Lors de l'autoconfrontation réalisée à la suite de la réalisation de la DI « La maison volante », nous constatons que, même dans le groupe contrôle, les élèves posent des actions métacognitives sans en avoir conscience. Nous relevons une action métacognitive portant sur la prise de conscience de ses représentations initiales afin de produire une réponse. Nous observons également plusieurs actions métacognitives de rétroaction (Noël et Cartier, 2016).

Dans le groupe B, malgré le fait que ces élèves aient vécu le plus de pauses métacognitives, ils expliquent qu'ils se posent les questions travaillées dans leur tête, sans les énoncer à voix haute mais surtout sans en prendre conscience. Malgré la répétition de ces gestes au cours des deux semaines précédant cette DI, les élèves n'ont pas automatisé les pauses métacognitives et leurs questions. Tout comme pour le groupe A, nous relevons également que les élèves mettent en place, de façon inconsciente, des actions métacognitives que nous n'avons pas spécifiquement entrainées. Par exemple :

> Le groupe devait énumérer les concepts qui allaient être utiles à la résolution de la tâche. La première réponse a été celle de Gilles qui a dit : « la poussée d'Archimède ! ». Il a expliqué que cette idée lui est venue car « on en a beaucoup parlé au cours et c'était dans le contexte ». Nous lui avons demandé s'il visualisait déjà vers où la résolution allait mener et il a répondu positivement, en disant qu'il « réfléchissait déjà à la fin car, si le poids était trop élevé, ça n'allait pas être possible de soulever la maison » (Lechanteur, 2022).

Nous suggérons qu'il s'agit d'une habileté métacognitive de planification (Paris et Winograd, 1990, cités dans Frenkel et Deforge, 2014).

5.2.2.4. Appropriation de la démarche par les élèves et l'enseignante stagiaire

Au terme de la recherche, nous avons proposé aux élèves de s'exprimer sur ce qu'ils pensent de la recherche au travers d'un questionnaire. Vingt-trois élèves sur les 25 élèves des deux classes ayant éprouvé le dispositif des pauses métacognitives se sont exprimés. Pour 65 % d'entre eux (15 élèves sur 23), la mise en œuvre d'une pause métacognitive leur paraît utile. Ils soulignent néanmoins qu'il leur est complexe d'activer une pause métacognitive. 60 % des élèves (14 élèves) pensent que réaliser une pause métacognitive les aide à structurer leur pensée mais seul un peu moins de 50 % des élèves (11 élèves) pense que cela les aide à produire une meilleure réponse. Plus de 85 % des élèves (20 élèves) trouvent qu'il est intéressant de discuter des réponses des uns et des autres avec l'enseignant. Seul 35 % des élèves (8 élèves) pensent qu'ils continueront à se poser les questions métacognitives si l'enseignant arrête de susciter ce moment de réflexion.

Au travers de son portfolio (Lechanteur, 2022), l'enseignante stagiaire relève que le dispositif est en adéquation avec les prescrits du cours et le temps qui lui était imparti. Elle relève qu'elle-même a failli oublier d'initier certaines pauses métacognitives. Ce processus nécessite donc une attention et une prise de conscience constante de la part du professeur. À l'inverse, elle constate qu'elle s'est rapidement habituée au dispositif et qu'elle menait les débats avec de plus en plus d'aisance au fur et à mesure des cinq semaines d'expérimentation. On peut faire l'hypothèse qu'un enseignant qui devrait prendre part à ce dispositif dans le cadre de notre recherche, après quelques cours d'adaptation, serait en mesure de l'appliquer sereinement selon une approche socio-constructiviste.

5.2.3. Discussion

La recherche exploratoire menée avait pour objectif d'analyser l'influence de pauses métacognitives sur l'évolution de compétences critiques développées au travers de la DI. Au regard des résultats recueillis et des observations réalisées, nous constatons que le nombre de pauses métacognitives vécues n'a pas influencé l'évolution du score de pensée critique obtenu dans le CCTT. Cependant, dès lors que l'on s'attarde sur des sous-compétences évaluées dans le CCTT et des groupes d'élèves spécifiques – ceux ayant le moins bien performé ou ayant le mieux performé lors du post-test – nous observons que le nombre de pauses métacognitives vécues est en lien avec ce résultat. Ainsi, ces pauses sont fortement corrélées positivement au score de la sous-compétence de déduction pour les élèves qui performent le mieux. À l'inverse, le nombre de pauses est fortement corrélé négativement à la sous-compétence de déduction pour les élèves qui performent moins bien. La démarche mise en œuvre a donc renforcé les différences entre ces élèves et n'a pas permis de faire évoluer les compétences critiques de tous les élèves. Les traces écrites rédigées durant les temps de pause métacognitive des élèves performant le mieux (cf. Annexe 9) reflètent que ces élèves écrivent davantage que d'autres pour répondre aux questions posées. Nous ne mettons pas en lien le fait que les élèves écrivent davantage avec le score obtenu pour la compétence de déduction. Le fait que seule la compétence de déduction ait été influencée pourrait être lié aux multiples interventions orales de l'enseignante stagiaire et au dispositif

qui auraient favorisé le développement du raisonnement déductif « Que sais-tu de… et donc qu'en déduis-tu ? ». Concernant la corrélation négative entre la démarche vécue et le résultat de la compétence de déduction pour les élèves performant le moins bien, nous émettons l'hypothèse que ces élèves qui ont, pour la plupart, des difficultés d'apprentissage plus importantes, n'ont peut-être pas pu déconstruire leurs préconceptions et/ou ne possèdent pas les connaissances minimales requises qui leur permettent de développer cette compétence. Expérimenter cette démarche leur demande davantage d'attention et ne leur permet sans doute plus d'être pleinement focalisés sur une seule tâche. Les limites de leur attention sont atteintes (Dehaene, 2012).

Nous relevons que le résultat obtenu à la DI « La maison volante » est associé positivement au nombre de pauses métacognitives vécues. Ce résultat est en accord avec nos attentes. Au regard du temps présent en classe et de l'articulation du cours construit en accord avec le programme dans ce contexte spécifique, nous continuons à soutenir l'idée que la mise en œuvre de deux pauses métacognitives durant la DI est une démarche porteuse. Nous avons également observé que des élèves exprimaient à voix haute certains prompts métacognitifs, dans le groupe ayant travaillé deux pauses métacognitives lors de chaque DI. Il est positif de voir que les élèves ont transféré ce questionnement explicite dans une nouvelle DI sans intervention de l'enseignant. Néanmoins, nous soulevons que le dispositif construit ne permet pas de préciser si c'est le nombre de pauses ou le moment de mise en œuvre de ces pauses qui a influencé les observations menées. La qualité des pauses (tel que l'engagement des élèves à les réaliser ou encore le temps à disposition pour les mener) pourrait également influencer ces observations.

Nous constatons que le nombre de pauses métacognitives vécues n'a pas influencé le résultat de la tâche de transfert réalisée lors d'une évaluation de la maitrise des acquis du cours. Nous émettons l'hypothèse que la tâche réalisée est trop éloignée des situations d'entrainement vécues en classe (les différentes DI). En effet, la tâche de l'évaluation portait sur une problématique de physique à résoudre seul, sur la base des concepts vus en classe et pour laquelle les différentes compétences travaillées lors des étapes de la DI n'intervenaient pas.

Au cours de nos observations, nous constatons également un effet de lassitude chez les élèves à rentrer dans une pause métacognitive et à déployer leurs pensées. Cet « effet de lassitude » a notamment été observé par Berger et al. (2012) lors de leur étude sur « les effets d'un entrainement métacognitif sur les stratégies et les performances en compréhension de texte chez des adolescents présentant de sévères difficultés d'apprentissage ». Ils ont remarqué, qu'en fin d'expérimentation, certains groupes étaient moins motivés et moins curieux qu'en début d'expérimentation.

Selon Puma et Tricot (2021), les supports d'apprentissage doivent être en adéquation avec les ressources disponibles de la mémoire de travail des élèves. Nos supports didactiques doivent donc être réfléchis de façon à correspondre au public cible. Il convient également de souligner le rôle essentiel que joue l'enseignant pour favoriser la production langagière des élèves (Peterfalvi et Jacobi, 2003). L'enseignant, par les questions qu'il pose, doit « permettre

à l'élève de s'interroger et de formuler lui-même des réponses, dans une perspective socioconstructiviste. » (Berton, 2018, p. 163) De plus, parallèlement à l'attention qu'il faut porter à la qualité de la pause métacognitive vécue, Dehaene (2012) précise qu'un apprentissage doit être consolidé en le faisant passer progressivement d'une approche explicite vers une approche implicite. Cette consolidation passe par une automatisation de la démarche et donc par la nécessité de répéter celle-ci. Au regard de ces éléments, nous pensons qu'il convient de soutenir ces deux approches pour mettre en place les pauses métacognitives proposées. Dans notre recherche ultérieure, nous veillerons à ce que chaque pause métacognitive soit réfléchie en ce sens et qu'elle prenne place dans un dispositif qualitatif adapté aux élèves et que cette démarche soit bien répétée plusieurs fois pour en favoriser son automatisation et son apprentissage tout en cherchant à imprimer une certaine dynamique afin de réduire la lassitude chez les élèves.

Morisette et Voynaud (2002) relèvent que les élèves utilisent rarement la métacognition spontanément. Pour favoriser davantage sa mise en œuvre systématique, notre dispositif a été imaginé afin que la démarche soit initiée de façon identique et répétitive. Comme cette démarche a pu être transférée chez certains élèves particulièrement impliqués en classe durant un laps de temps relativement court (cinq semaines), nous pensons que continuer à la mener est essentielle, mais que des questions et des approches variées doivent être envisagées lors de la suite de notre recherche – durant un laps de temps plus long – et ce, afin de tenter de toucher plus durablement plus d'élèves. Comme le relèvent Rémond et Quet (1999), en inscrivant un tel dispositif dans la durée, nous encourageons le développement de capacités métacognitives et nous créons des situations de classes inédites, où nous cherchons à générer des conflits sociocognitifs fondés sur des idées réfléchies et abouties grâce à des pauses métacognitives initiées par l'enseignante stagiaire. Ceci soutient les dires des élèves qui ont pu constater que le temps de pause métacognitive leur était profitable même si, pour beaucoup d'entre eux, cette démarche était lourde et représentait une source de lassitude. Comme expliqué précédemment, mener deux pauses métacognitives par DI semble opportun. Vu l'expression de lassitude des élèves, il conviendra de modifier la formulation des questions, qui dans cette recherche exploratoire, apportaient très souvent des réponses identiques du fait de leur caractère fermé. Par exemple, nous pourrons insister sur le seul prompt métacognitif « Qu'est- ce que je sais déjà ? ». Cette seule question ouverte laisse davantage de possibilités pour exprimer toutes les idées qu'ils auraient sur un sujet. Par ailleurs, pour réduire la lassitude exprimée par les élèves, la variation du support pourra également être envisagée. Bien que les prompts métacognitifs resteront inchangés, la collecte de la trace de la pause métacognitive pourrait se faire via des supports variés (par exemple : un outil numérique, un enregistrement audio, une affiche à compléter en classe, etc.). Nous devrons veiller à trouver un juste milieu entre des questions types et répétitives – afin que les élèves les intègrent plus facilement et les utilisent a posteriori en toute autonomie – mais également des questions suffisamment ouvertes pour que les élèves puissent s'exprimer plus librement et de façon plus créative. L'animation des temps d'échanges et de verbalisation des idées après le temps de pause métacognitive, n'en sera que plus riche, notamment lors des phases d'émission d'hypothèses et de l'interprétation des résultats. Le rôle de facilitateur de communication pour permettre aux élèves de débattre et d'échanger leurs points de vue, se

verra renforcé. Cette perspective rejoint les idées de Masciotra (2005) qui soutient que l'intervention d'un médiateur est indispensable pour induire la métacognition chez les élèves. Nous soutenons que la dynamique variée imprimée par l'enseignant durant ces temps d'échanges, contribuera à réduire le sentiment de lassitude que peuvent avoir les élèves.

Nous avons observé que les élèves, à plusieurs reprises, posaient des actions métacognitives de rétroaction (Noël et Cartier, 2016) et de planification (Paris et Winograd, 1990, cités dans Frenkel et Deforge, 2014), de façon inconsciente et sans réaliser la portée de leur mise en œuvre. Nous proposons d'améliorer nos dispositifs futurs pour répondre à ce constat. En effet, le dispositif de recherche ayant débuté par la formation des élèves à la notion de pauses métacognitive, nous suggérons de les informer également sur les différentes formes que peuvent prendre les actions métacognitives. De cette façon, nous souhaitons qu'ils prennent davantage conscience de leurs propres outils (méta)cognitifs afin de mieux les exploiter. Ceci pourrait également favoriser la prise de conscience, par les élèves, du rôle que peuvent jouer les pauses métacognitives dans les apprentissages.

Il convient de mettre en perspective les résultats et les observations menées et de les interpréter avec les précautions nécessaires. En effet, la recherche n'a porté que sur un échantillon d'une trentaine d'élèves, ce qui peut expliquer une faible significativité de certains résultats globaux et que l'on doive analyser plus précisément les résultats pour des sous-groupes déterminés mais dont le nombre d'individus est plus restreint. Par ailleurs, la durée du dispositif peut également influencer les corrélations observées. Nous pouvons nous demander si un dispositif d'une durée plus longue aurait des effets significativement plus importants. De plus, nous questionnons la récolte de traces uniquement écrites. Comme le soulignent Chanquoy et al. (2018), l'écriture est une tâche plus complexe que l'expression orale. Une récolte de traces orales lors des pauses métacognitives permettrait peut-être de collecter davantage de données, en dépassant la barrière de l'écrit.

Au regard des différents éléments soulevés, nous rejetons nos hypothèses générales formulées. Il n'a pas été possible de constater les différences attendues entre les groupes. Les effets observés ont porté sur des groupes spécifiques d'élèves. Par ailleurs, le dispositif même n'a pas permis de mettre en évidence de façon quantitative si le nombre de pauses métacognitives ou si le moment de mise en œuvre de ces pauses était le plus porteur dans notre contexte. En revanche, nous avons constaté que les élèves qui ont bénéficié de deux pauses métacognitives ont exprimé verbalement plus d'idées lors de la DI « La maison volante » et nous avons également mis en évidence une corrélation positive entre le résultat obtenu à cette tâche et le nombre de pauses métacognitives vécues. La convergence de ces observations soutient l'idée que mener deux pauses métacognitives par DI, la première préalablement à l'émission d'hypothèses et la seconde préalablement à l'interprétation, serait intéressante pour favoriser le développement de compétences relatives à la pensée critique. De plus, mener deux pauses par DI semble en adéquation avec nos réalités de terrain et pourrait favoriser un transfert potentiel vers d'autres DI.

Pour conclure cette analyse, nous relevons plusieurs éléments d'amélioration pour notre prochaine recherche. Le dispositif sera réitéré durant une période plus longue, en se focalisant

sur la mise en œuvre de deux pauses métacognitives. Les prompts métacognitifs pourront être identiques, mais soutenus par des questions laissant davantage de place à la créativité de l'élève pour y répondre et permettant d'apporter des réponses plus variées. Le document structurant la trace des idées relevées durant les pauses métacognitives est amélioré de façon à faciliter la rédaction de phrases complètes. La répétition de la mise en œuvre des pauses, bien que source de lassitude pour les élèves, doit être poursuivie, car elle pourrait être source d'un transfert chez un plus grand nombre d'élèves. Pour diminuer la monotonie de la démarche, nous encourageons à valoriser au mieux les idées correctes des élèves, à questionner et critiquer les idées imprécises et à varier les formes du partage d'idées (un recueil manuscrit, un document collaboratif en ligne, la réalisation d'une carte conceptuelle, le partage en groupe classe, le partage en sous- groupe, etc.).

Enfin, l'approche pour amener une pause métacognitive peut être également améliorée. Houdé (2018) propose un modèle expliquant que, pour faire preuve d'esprit critique, il convient de travailler son contrôle inhibiteur à vouloir apporter une réponse heuristique. Le contrôle inhibiteur décrit par Houdé peut se définir comme « la suspension d'une réponse dominante dans les situations familières, permettant ainsi d'envisager des réponses alternatives » (Perret, 2003, p. 10). Ainsi, comme pour le système 1 et système 2 de Kahneman (2012), lors d'une situation vécue, il conviendrait, grâce au contrôle inhibiteur, de prendre distance par rapport à sa réponse intuitive, rapide mais peu fiable et ainsi d'apporter une réponse réfléchie, moins rapide mais d'une plus grande fiabilité. L'entrainement du contrôle inhibiteur et la prise de conscience de l'activation de ce dernier en début de pause métacognitive pourrait renforcer sa contribution à favoriser l'émission d'hypothèses plus structurées, plus construites mais aussi à interpréter de façon plus précise sans tomber dans les pièges d'une réponse trop rapide et simplifiée.

L'essentiel à retenir

Dans cette recherche exploratoire, nous choisissons de travailler la pensée critique selon deux axes : didactique avec la démarche d'investigation (DI) comme invariant et pédagogique avec l'insertion de pauses métacognitives. Le dispositif testé s'intègre dans le cours de sciences générales au début du niveau d'éducation 3 (élèves de 14-15 ans), spécifiquement durant l'unité d'acquis d'apprentissage portant sur la physique des fluides. Ce dispositif intègre des pauses métacognitives lors de phases spécifiques des différentes démarches d'investigation menées durant la séquence d'apprentissage. Au terme de cette expérimentation, il est relevé que, pour les élèves performant le mieux au *Cornell Critical Thinking Test* (CCTT), l'évolution de la compétence de déduction est corrélée positivement au nombre de pauses métacognitives vécues. De plus, nous avons constaté que les résultats obtenus au test certificatif, portant sur une démarche d'investigation plus complexe, sont corrélés positivement à ce nombre de pauses. Nous soutenons que la mise en œuvre de deux pauses métacognitives (préalablement à l'émission d'hypothèses et à la phase d'interprétation) dans la démarche d'investigation est à encourager. En vue d'améliorer le dispositif et d'augmenter le développement de compétences critiques, varier les mises en œuvre des pauses métacognitives, les travailler durant une année scolaire complète et/ou apprendre aux élèves à exercer leur contrôle inhibiteur, y contribuerait.

5.3. Étude 3, influence des pauses métacognitives et du contrôle inhibiteur sur le développement de la pensée critique, approche quantitative

Cette troisième étude repose en partie sur le même dispositif didactique, à savoir l'intégration de pauses métacognitives durant la démarche d'investigation en sciences. Se fondant sur les résultats précédents, nous choisissons de proposer un dispositif intégrant deux pauses métacognitives dans la démarche d'investigation : une pause préalable à l'émission d'hypothèses et une seconde pause préalable à la formulation des interprétations.

La structure des pauses est améliorée en laissant davantage de place à l'écriture des élèves. La deuxième question de la pause métacognitive, « Comment atteindre mon objectif ? » est recentrée sur la question à laquelle doivent répondre les élèves en formulant leurs hypothèses ou interprétations. Un point d'attention est également porté sur la verbalisation de l'enseignant lorsqu'il introduit la pause métacognitive, mais également quand il conduit le débat lors du temps d'échanges au terme de la pause métacognitive.

Au-delà de l'amélioration-même du temps de pause métacognitive, la durée du dispositif est accrue. Nous passons d'un dispositif de 5 semaines à 32 semaines (durant une année scolaire). Le nombre de situations-problèmes intégrant les pauses métacognitives est alors de 15.

Enfin, nous complétons le dispositif en ajoutant un entrainement régulier du contrôle inhibiteur.

Dans cette partie consacrée à la partie empirique de cette recherche doctorale, nous décrivons la méthodologie de mise en œuvre de l'étude 3 dans son approche quantitative. Nous présentons ensuite les résultats obtenus et leur évolution au cours du dispositif, avant d'en proposer une analyse et une discussion.

5.3.1. Méthodologie

5.3.1.1. Questions de recherche et hypothèses

Cette étude a pour objectif de répondre à la question centrale : Comment la pensée critique des élèves est-elle influencée par l'intégration de pauses métacognitives dans la démarche d'investigation et/ou l'entrainement du contrôle inhibiteur ?

Pour répondre à cette question, nous émettons les hypothèses suivantes.

Le score de pensée critique du CCTT du groupe d'élèves vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur (groupe 4) évolue le plus par rapport aux autres groupes. En mettant en place une démarche globale visant un entrainement à un « macroprocessus », la pause métacognitive, et un entrainement à un « microprocessus », le contrôle inhibiteur, le développement de la pensée critique est le plus important.

Le score de pensée critique des élèves du groupe contrôle progresse le moins par rapport aux autres groupes de recherche. Sans entrainement spécifique, nous pensons que la pensée

critique de ce groupe évolue tout au long de l'année reflétant l'effet de l'école en général et de l'évolution des élèves grandissant en général.

Le score de pensée critique et, en particulier, de la sous-compétence « Déduction » des élèves les moins performant initialement au CCTT progresse dans les groupes 2 (CI), 3 (M) et 4 (M+CI). Nous supposons que le dispositif étant plus long, les élèves les plus faibles initialement ont davantage de temps pour prendre des habitudes et s'accoutumer au dispositif. Il n'est dès lors plus une étape supplémentaire complexe à gérer mais un élément normal de l'ensemble de la didactique des sciences.

Le score au CE1D de sciences et l'option scientifique choisie sont en lien avec le score de pensée critique initial. Les élèves présentant un score plus élevé au CE1D de sciences s'engagent davantage dans l'option scientifique « Sciences générales ». Ces élèves sont davantage impliqués dans leur scolarité, mobilisent davantage leurs connaissances antérieures et obtiennent dès lors un meilleur score de pensée critique initial. Cette hypothèse est soutenue par le propos de Farina et Pasquinelli (2019) précisant que le développement de la pensée critique se fonde sur des connaissances préalables dans le domaine considéré.

Le score de pensée critique est influencé par le genre de l'élève : les garçons pourraient présenter une évolution plus marquée que les filles. Bien que les résultats antérieurs du CCTT (Ennis et al., 2005) et plusieurs méta-analyses (Abrami et al., 2008 ; Lai, 2011) ne relèvent pas de lien systématique entre genre et pensée critique, cette hypothèse est envisagée par analogie avec les écarts de performance observés en mathématiques et en sciences à l'adolescence entre les filles et les garçons (OCDE, 2020 ; Mercier-Brunel, 2023).

5.3.1.2. Description de l'échantillon

L'étude a été menée durant l'année scolaire 2022-2023 au sein d'une école du réseau libre confessionnel en région wallonne en Belgique francophone. L'école en question dispense uniquement une formation d'enseignement général de transition de la 3e année à la 6e année secondaire, soit des élèves de 14 ans à 18 ans. L'indice socio-économique de l'école est très élevé.

L'étude a été réalisée avec l'ensemble des élèves de 3e année, soit 295 élèves de 14-15 ans. Bien que cet échantillon soit spécifique à une seule école, il représente les élèves d'un cycle clé de l'enseignement général en Belgique, ce qui permet de donner davantage de valeur aux résultats obtenus. De plus, des résultats similaires pourraient être obtenus dans d'autres établissements de caractéristiques similaires. Six enseignants leur donnent cours de sciences. L'étude ayant porté sur une démarche menée spécifiquement en sciences, ces six enseignants ont participé à la recherche. Ces enseignants sont tous experts de leur domaine, tous titulaires d'un diplôme d'Agrégé de l'Enseignement Secondaire Inférieur (AESI) en sciences, ils ont au minimum 9 ans d'ancienneté dans l'enseignement. Ils forment une équipe soudée et ils travaillent en collaboration afin de produire un cours commun et des examens communs. Ces enseignants donnent aussi bien le cours de sciences de base (3h de sciences par semaine) que le cours de sciences générales (5h de sciences par semaine). Parallèlement à ces heures en 3e année de l'enseignement général de transition, ces enseignants donnent cours au premier

degré ou en 3e année de l'enseignement de technique de transition ou de qualification. Ces autres charges de cours expliquent les différences de nombres d'élèves à charge durant l'année (cf. Tableau 19). Cela permet d'assurer que les enseignants sont expérimentés dans l'enseignement des sciences à différents niveaux, apportant une certaine stabilité à la mise en œuvre des dispositifs. Tous pratiquent avec aisance la démarche d'investigation et ont recours aux mêmes types d'approches pensées préalablement collectivement depuis plusieurs années déjà. Comme le souligne Abrami et al. (2008), il est important que l'enseignant soutenant le développement de la pensée critique de ses élèves ,fasse lui-même preuve de pensée critique. Ce point précis n'a pu être vérifié chez les six enseignants mettant en œuvre le dispositif. Ils sont néanmoins formés au dispositif et à la pensée critique, en début d'année. Durant l'année, des échanges réguliers ont lieu pour garantir la meilleure compréhension des tâches demandées. La place de la pensée critique est discutée avec les enseignants, ils considèrent cette dernière essentielle pour les élèves.

Tableau 19. Répartition de l'échantillon par enseignants

Enseignant donnant cours à chaque élève		
Enseignants	Nombre d'élèves à charge	Pourcentage de l'échantillon
O	35	11,9
R	52	17,6
I	52	17,6
A	66	22,4
S	43	14,6
E	47	15,9
Total	295	100,0

En débutant la 3e année dans l'enseignement général de transition, les élèves posent un choix d'options de cours à suivre. Parmi plusieurs possibilités, ils doivent choisir s'ils suivent un cours de sciences de base à 3h par semaine ou s'ils suivent un cours de sciences générales à 5h par semaine. Fondamentalement, les programmes de ces deux cours sont identiques : les six grands chapitres sont communs tout comme les concepts qui y sont développés (par exemple : la digestion, la force d'Archimède ou la réaction chimique). Ce qui diffère davantage entre les deux cours est l'intégration de l'outil mathématique lors de la résolution de problèmes en physique. Par exemple, là où un usage des formules caractérisant la force d'Archimède est demandé dans le cours de sciences générales, une approche davantage qualitative est souhaitée dans le cours de sciences de base. L'échantillon est réparti entre ces deux options (cf. Tableau 20). Ce choix d'option scientifique mérite d'être un peu plus contextualisé, car il influence les profils des élèves que l'on retrouve dans les classes. En effet, le choix de l'option scientifique repose sur plusieurs facteurs. Tout d'abord, on pourrait espérer que le choix d'une option scientifique à 5h par semaine repose sur un intérêt personnel pour les sciences. Les élèves qui choisissent cette option nourrissent des projets d'études dans des domaines scientifiques. L'intérêt pour l'option à 5h par semaine est également nourri par l'enseignant ayant donné cours l'année antérieure et ayant motivé les élèves à suivre cette option ; il n'est pas rare de retrouver cet argument en discutant avec les élèves. Malheureusement, ce n'est pas toujours par choix que les élèves concèdent à suivre

une option plutôt qu'une autre, mais par imposition. En effet, la décision peut être celle des parents. Ceux-ci, en fonction de leur affinité avec les sciences et des perspectives d'études et professionnelles que cela amène pour leurs enfants, imposent ou encouragent vivement à choisir un cours à 5h par semaine plutôt qu'à 3h par semaine (l'inverse est vrai également, mais moins fréquent). Enfin, les choix des élèves étant conditionnés à un maximum de 34h de cours par semaine, ils sont parfois contraints à choisir le cours de 3h par semaine, s'ils ont déjà choisi d'autres options (par exemple, une deuxième langue étrangère et du latin), ou le cours de 5h par semaine, s'ils n'ont aucune autre option qui les intéresse vraiment. Ces différents facteurs influencent l'implication des élèves dans le cours de sciences ainsi que, généralement, ses résultats. Il sera intéressant de vérifier si le choix de l'option scientifique exerce une influence sur les effets du dispositif.

Tableau 20. Répartition de l'échantillon dans les deux options scientifiques

Répartition des élèves en fonction de l'option scientifique choisie		
Cours de sciences	Nombre d'élèves par option	Pourcentage de l'échantillon
Sciences de base (3h/semaine)	130	44,1
Sciences générales (5h/semaine)	165	55,9
Total	295	100,0

Un autre indicateur permettant de caractériser l'échantillon est sa répartition entre fille et garçon (cf. Tableau 21).

Tableau 21. Répartition de l'échantillon selon le genre

Répartition de l'échantillon selon le genre (fille ou garçon)		
Genres	Nombre d'élèves en fonction du genre	Pourcentage de l'échantillon
Fille	163	55,3
Garçon	132	44,7
Total	295	100,0

Nous relevons que l'échantillon est composé davantage de filles que de garçons. Ce facteur est intéressant à questionner au regard des résultats, afin de corroborer des résultats antérieurs, comme ceux de Vanhoolandt et al. (2023).

Un autre paramètre permettant de caractériser le contexte de l'étude concerne la répartition des élèves par classe (cf. Tableau 22). L'analyse des données présentées dans ce tableau révèle une moyenne de 24,5 élèves par classe. Cette donnée est essentielle pour appréhender les exigences organisationnelles et pédagogiques auxquelles les enseignants sont confrontés. En effet, dans ce contexte, l'enseignant doit concevoir des dispositifs pédagogiques permettant à chaque élève de s'engager activement dans ses apprentissages, tout en maintenant un climat de classe propice au travail. Par ailleurs, l'enseignant doit également faire face à une certaine hétérogénéité des profils au sein du groupe, ce qui nécessite des stratégies différenciées et adaptables. Ainsi, les dispositifs conçus doivent non seulement favoriser l'implication individuelle des élèves, mais aussi rester opérationnels dans

un cadre scolaire La gestion de tels groupes constitue une contrainte à prendre en considération lors de la conception et la mise en œuvre du dispositif.

Tableau 22. Répartition de l'échantillon selon les classes

Répartition de l'échantillon selon les classes		
Classes	Nombre d'élèves par classe	Pourcentage de l'échantillon
3A1	25	8,5
3A2	27	9,2
3A3	23	7,8
3A4	23	7,8
3A5	23	7,8
3A6	24	8,1
3A7	25	8,5
3A8	23	7,8
3A9	25	8,5
3AD	26	8,8
3AE	26	8,8
3AF	25	8,5
Total	295	100,0

Afin d'expérimenter différents paramètres du dispositif durant la recherche, l'ensemble de l'échantillon (N=295) a été réparti en 4 groupes.

Formation des groupes de recherche

En début d'année scolaire, les six enseignants, dont l'enseignant chercheur, donnant cours de sciences à l'ensemble des élèves de 3e année de l'école ciblée se sont rassemblés. L'enseignant chercheur les a informés du déroulement de la recherche tout au long de l'année, de l'organisation des prises de mesure des données ainsi que des concepts de pensée critique, de métacognition et de contrôle inhibiteur. Il est relevé que les six enseignants signalent être motivés par la dynamique de recherche dans laquelle ils sont.

Pour des raisons pratiques, la répartition des élèves entre les quatre groupes de recherche s'est faite par classe et par enseignant. En effet, bien que tous les enseignants soient motivés à mener la recherche, certains se sentaient un peu moins à l'aise avec l'outil informatique et étaient moins enclins à utiliser des tablettes régulièrement. Tous souhaitaient apporter leur pierre à l'édifice. Dès lors, la répartition entre les quatre groupes de recherche s'est réalisée de façon à obtenir des groupes homogènes en termes de nombre d'élèves. En effet, il n'était pas possible de scinder une classe d'élèves dans deux groupes différents de recherche. Pour des raisons d'équilibre du nombre d'élèves dans chaque groupe de recherche, un seul enseignant a dû, et a accepté sans hésiter, être inclus dans trois groupes de recherche et donc mener trois types de séquences dans ses classes.

Il est intéressant de relever que, pour l'organisation de l'école (les horaires et les options), les groupes de sciences peuvent différer des groupes classes. Par exemple, des élèves 3A1 et 3A2 peuvent être regroupés pour former un groupe de sciences dont l'enseignant sera O.

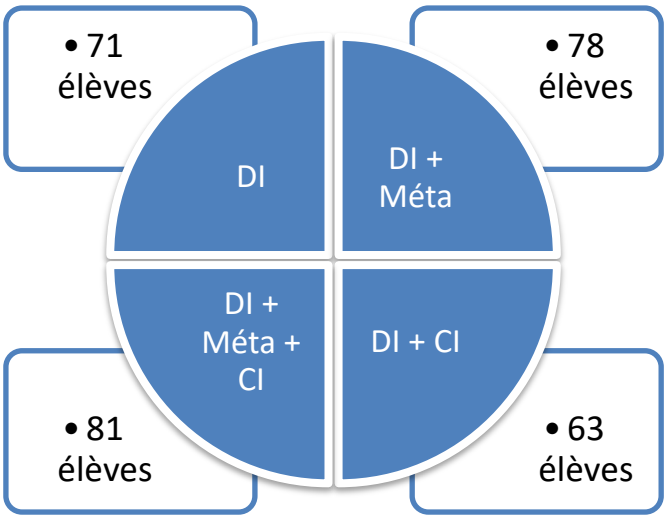
Tandis que les autres élèves de 3A1 et 3A2 pourraient avoir cours avec R. De cette façon, au sein de la classe de 3A1, deux enseignants peuvent donner les cours de sciences, mais les élèves peuvent également être dans des groupes de recherche différents.

Le tableau 23 et la figure 26 présentent le nombre d'élèves dans chaque groupe de recherche formé. Nous relevons une certaine homogénéité entre les différents groupes formés initialement.

Tableau 23. Répartition de l'échantillon en fonction des groupes de recherche

Répartition de l'échantillon selon les groupes pour la recherche			
Groupes de recherche	Enseignants	Nombre d'élèves par groupe de recherche	Pourcentage de l'échantillon
Groupe contrôle (1)	R (N=52) et E (N=19)	71	24,1
Groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur (2)	I (N=50) et E (N=13)	65	22,0
Groupe vivant uniquement les pauses métacognitives (3)	O (N=35) et S (N=31)	78	26,4
Groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur (4)	A (N=66) et E (N=15)	81	27,5
Total	6	295	100,0

Figure 26. Répartition de l'échantillon en 4 groupes de recherche



Nous créons également des sous-groupes de recherche en fonction des scores obtenus au CCTT passé en prétest et au CE1D. La prise en compte de ces sous-groupes initiaux permet d'observer des trajectoires de profils d'élèves. La performance initiale au CCTT est la mesure de la pensée critique préalablement à tout dispositif. Il est intéressant d'observer l'influence de cette mesure initiale sur la façon dont les élèves réagissent au dispositif.

Sachant que la moyenne de l'échantillon au CCTT au prétest est de 21,31 et que l'écart-type est de 10,99, nous avons constitué les groupes de performance initiale suivants :

- Le groupe 1 reprenant les élèves performant initialement le moins bien au CCTT, dont le résultat est inférieur à l'écart-type, soit dont le résultat est inférieur à 10,32 ;
- Le groupe 2 reprenant les élèves performant initialement au CCTT dans la moyenne, dont le résultat est compris dans l'écart-type autour de la moyenne, soit dont le résultat est compris entre 10,32 et 32,29 ;
- Le groupe 3 reprenant les élèves performant initialement le mieux au CCTT, dont le résultat est supérieur à l'écart-type, soit dont le résultat est supérieur à 32,29.

Selon l'hypothèse précisant que la pensée critique est liée au contexte et aux connaissances antérieures, il nous a semblé intéressant d'observer l'influence du dispositif en fonction du niveau de connaissances en sciences. Le CE1D étant une évaluation externe commune à tous les élèves de 2e année et reflétant leur maitrise de compétences liées au cours de sciences, mais également leur maitrise de concepts propres au cours de sciences, nous avons constitué des groupes d'élèves basés sur leur performance au CE1D de sciences.

Sachant que la moyenne de l'échantillon au CE1D de sciences est de 68,02 et que l'écart-type est de 12,67, nous avons constitué les groupes de performance suivants :

- Le groupe 1 reprenant les élèves performant le moins bien au CE1D de sciences, dont le résultat est inférieur à l'écart-type, soit dont le résultat est inférieur à 55,35 ;
- Le groupe 2 reprenant les élèves performant au CE1D de sciences dans la moyenne, dont le résultat est compris dans l'écart-type autour de la moyenne, soit dont le résultat est compris entre 55,35 et 80,69 ;
- Le groupe 3 reprenant les élèves performant initialement le mieux au CE1D de sciences, dont le résultat est supérieur à l'écart-type, soit dont le résultat est supérieur à 80,69.

5.3.1.3. Outils de collecte de données

Dans cette section, nous présentons les outils de collecte de données dans le cadre de la partie quantitative de l'étude 3. Il ne s'agit pas ici de détailler ces outils, leur description exhaustive ayant été réalisée dans la section présentant la méthodologie globale (cf. Chapitre 4. Méthodologie). Nous nous limitons donc à les rappeler et à expliciter leur rôle spécifique dans cette étude.

Le *Cornell Critical Thinking Test* (CCTT)

Le premier outil utilisé est le *Cornell Critical Thinking Test* (CCTT) qui a été proposé à deux reprises : en prétest et en post-test. Ce test permet d'évaluer la pensée critique ainsi que plusieurs sous-compétences associées. Son utilisation dans cette étude longitudinale vise à mesurer l'évolution de la pensée critique des élèves tout au long du dispositif mis en place. Le CCTT fournit un score de pensée critique sur 71.

La plateforme *J'apprends Autrement* et les tests de Stroop

Le second outil de collecte de données repose sur l'exploitation de la plateforme en ligne *J'apprends Autrement*, notamment pour la passation de tests de Stroop. Ces tests sont réalisés en prétest et en post-test, en se concentrant sur la reconnaissance des couleurs.

Durant l'année scolaire, les élèves des groupes 2 (CI) et 4 (M+CI) suivent un entrainement spécifique visant à renforcer leur contrôle inhibiteur via cette même plateforme exploitée sur iPad. Cet entrainement hebdomadaire, ne porte pas sur des tests de Stroop liés aux couleurs, mais sur d'autres types de différenciation, tels que la comparaison de fractions mathématiques pour identifier la plus grande ou la plus petite ou encore, la comparaison de nombres à valeurs décimales selon les mêmes principes.

Ainsi, bien que le test de Stroop proposé pour mesurer les effets du dispositif est resté identique entre le prétest et le post-test, l'entrainement au contrôle inhibiteur est réalisé à partir de tâches variées. L'exploitation de la plateforme *J'apprends Autrement* permet de récolter le nombre de réponses correctes au test de Stroop, mais également les durées pour répondre. Ces données permettent d'établir le score RCS (*rate correct score*) révélateur du

contrôle inhibiteur des élèves, lequel peut être mis en relation avec leurs compétences en pensée critique. Il est ainsi possible d'analyser l'impact du dispositif sur ces deux aspects.

Le certificat d'études du premier degré (CE1D) en sciences

Un troisième outil de collecte est le certificat d'études du premier degré (CE1D) en sciences que les élèves de l'échantillon ont réalisé au terme de leur 2e année secondaire, soit 4 mois avant le début de cette recherche. L'intérêt d'exploiter les données de cet outil repose sur deux postulats. Le premier est que le résultat au CE1D de sciences reflète l'état des connaissances des élèves à un moment donné. Le second postulat est que les connaissances préalables sont essentielles pour développer une pensée critique (Delors, 1999).

Le CE1D en sciences, par sa nature certificative et externe, constitue un indicateur pertinent pour évaluer le niveau initial des élèves en sciences et mettre en lumière l'influence de la maitrise des connaissances antérieures.

Les exercices de transfert

Afin d'observer comment les élèves réalisent des démarches d'investigation, y intègrent des pauses métacognitives et si ces pauses ont une influence sur la réalisation des démarches d'investigation, un exercice de transfert a été réalisé. La situation-problème de « la maison volante », déjà utilisé dans l'étude 2, a également été mis en œuvre dans l'étude 3. Toutefois, suite à des contraintes organisationnelles, un nombre insuffisant de classes a pu la réaliser. Il n'est dès lors pas possible de l'exploiter dans le cadre de cette recherche.

5.3.1.4. Déroulement de la recherche longitudinale

La recherche exploratoire s'est déroulée de mars-avril 2022, soit durant cinq semaines, et l'étude qui en découle est dite « longitudinale », car elle se déroule tout au long de l'année 2022-2023, précisément entre le 10 octobre 2022 et le 19 mai 2023, soit durant un total de 32 semaines.

Cette étude n'a pas démarré le premier jour de la rentrée scolaire et ce pour plusieurs raisons. Tout d'abord pour des raisons didactiques et pédagogiques. En effet, durant les premières semaines de l'année, les élèves découvrent un nouveau cadre, une nouvelle approche des sciences. Nous souhaitions les laisser se familiariser avec l'approche de la démarche d'investigation. Par ailleurs, il s'agissait d'un thème initiant la découverte de la chimie qui, selon le choix des enseignants en sciences, se prêtait moins à mettre en œuvre le dispositif. Ensuite, il a fallu finaliser la mise au point du dispositif pour sa partie numérique et des tests grandeur nature ont pu être menés avec les tablettes de l'école durant ces premières semaines. L'étude s'est terminée mi-mai afin de permettre à tous les élèves de vivre le dispositif complet, au cours des dernières semaines de cours. De cette façon, tous les élèves ont pu vivre des pauses métacognitives ainsi qu'un entrainement du contrôle inhibiteur jusqu'à la veille des examens de fin d'année.

Le prétest, temps 1, a été soumis durant la semaine 1 (octobre). Un test intermédiaire a eu été passé durant la semaine 19 (mi-février). Après réflexion, sachant que notre étude se focalise sur le développement de la pensée critique tout au long du dispositif et que le

dispositif est resté constant tout au long de l'année, sachant que le test intermédiaire ne porte que sur le score au test de Stroop, nous choisissons de ne pas utiliser la valeur mesurée lors du test intermédiaire. Le post-test, temps 2, a lieu durant la semaine 32 (mi-mai). Entre ces deux temps d'évaluation, les élèves vivent des dispositifs propres aux différents groupes de recherche. Nous nous centrons sur la comparaison entre le prétest et le post-test (cf. Tableau 28).

L'étude étant longitudinale, tous les élèves de l'échantillon initial (N = 295) n'ont pas participé à l'ensemble du dispositif. 100 élèves ont été exclus de l'analyse pour des raisons d'absence, de changement d'école ou d'erreurs d'encodage à l'un des deux temps de mesure considérés. Seuls les élèves disposant de données complètes aux deux temps de mesure ont été retenus.

La passation du *Cornell Critical Thinking Test* (CCTT) s'est globalement bien déroulée en pré- et post-test. En revanche, des pertes significatives ont été observées pour les tests de contrôle inhibiteur. Comme le montre le Tableau 27, les groupes 3 et 4 enregistrent une perte supérieure à 10 % de leurs effectifs, tandis que les groupes 1 et 2 perdent respectivement 72 % et 42 % de leurs participants.

Ces pertes s'expliquent de manière différente selon les groupes. Dans les groupes 3 et 4, elles sont principalement dues à des absences d'élèves lors de la passation. Pour les groupes 1 et 2, en revanche, une erreur dans le dispositif (humaine ou informatique) a entraîné une absence totale de collecte pour certaines classes entières.

Malgré l'ampleur de ces pertes, la taille de l'échantillon restant permet la réalisation d'analyses statistiques valides. Toutefois, il est important de commenter ces limites et d'en tenir compte dans la discussion des résultats, notamment pour en tirer des enseignements méthodologiques.

Une analyse plus fine des données (cf. Tableaux 24, 25 et 26) montre que ces problèmes sont survenus principalement lors du prétest, en particulier pour les groupes 1 et 2. Ce manque de données peut s'expliquer par un cumul de plusieurs facteurs.

D'une part, les enseignants impliqués devaient administrer l'ensemble du prétest (CCTT en version papier et test de Stroop en version numérique) en plus de leur charge habituelle. Il est donc possible que certains oublis aient eu lieu. D'autre part, la plateforme *J'Apprends Autrement*, utilisée pour la première fois à grande échelle sur iPad dans l'établissement, a présenté des dysfonctionnements techniques : blocages de l'application, répétitions de questions ou interruptions liées à la connexion wifi.

Enfin, le réseau internet de l'école était en cours de modernisation. La mise à jour progressive des antennes wifi a entraîné une instabilité ponctuelle, pouvant empêcher l'enregistrement correct des données dans la base de l'application. Ces éléments expliquent les pertes observées dans les résultats des tests de contrôle inhibiteur.

Tableau 24. Nombre de résultats valides au test de Stroop au temps 1 de la recherche

Nombre de résultats valides au test de Stroop au temps 1 de la recherche							
		Observations					
	Groupe	Valide		Manquant		Total	
		N	Pourcentage	N	Pourcentage	N	Pourcentage
Résultats au Stroop au temps 1	1	30	42,3%	41	57,7%	71	100,0%
	2	49	75,4%	16	24,6%	65	100,0%
	3	76	97,4%	2	2,6%	78	100,0%
	4	80	98,8%	1	1,2%	81	100,0%

Tableau 25. Nombre de résultats valides au test de Stroop au temps intermédiaire de la recherche

Nombre de résultats valides au test de Stroop au temps intermédiaire de la recherche							
		Observations					
	Groupe	Valide		Manquant		Total	
		N	Pourcentage	N	Pourcentage	N	Pourcentage
Résultats au Stroop au temps intermédiaire	1	62	87,3%	9	12,7%	71	100,0%
	2	56	86,2%	9	13,8%	65	100,0%
	3	75	96,2%	3	3,8%	78	100,0%
	4	78	96,3%	3	3,7%	81	100,0%

Tableau 26. Nombre de résultats valides au test de Stroop au temps 2 de la recherche

Nombre de résultats valides au test de Stroop au temps 2 de la recherche							
		Observations					
	groupe	Valide		Manquant		Total	
		N	Pourcentage	N	Pourcentage	N	Pourcentage
Résultats au Stroop au temps 2	1	65	91,5%	6	8,5%	71	100,0%
	2	57	87,7%	8	12,3%	65	100,0%
	3	72	92,3%	6	7,7%	78	100,0%
	4	74	91,4%	7	8,6%	81	100,0%

Tableau 27. Synthèse des résultats au test de Stroop aux trois temps de la recherche

Synthèse des résultats au test de Stroop valides, aux trois temps de la recherche							
		Observations					
	groupe	Valide		Manquant		Total	
		N	Pourcentage	N	Pourcentage	N	Pourcentage
Résultats au test de Stroop synthétisés aux 3 temps	1	20	28,2%	51	71,8%	71	100,0%
	2	38	58,5%	27	41,5%	65	100,0%
	3	67	85,9%	11	14,1%	78	100,0%
	4	70	86,4%	11	13,6%	81	100,0%

Tableau 28. Synthèse des résultats au test de Stroop aux temps 1 et 2 de la recherche

Synthèse des résultats au test de Stroop valides au temps 1 et au temps 2 de la recherche							
	Groupe	Observations					
		Valide		Manquant		Total	
		N	Pourcentage	N	Pourcentage	N	Pourcentage
Résultats au Stroop synthétisés aux temps 1 et 2	1	26	36,6%	45	63,4%	71	100,0%
	2	42	64,6%	23	35,4%	65	100,0%
	3	70	89,7%	8	10,3%	78	100,0%
	4	73	90,1%	8	9,9%	81	100,0%

5.3.1.5. Méthodologie d'analyse

Dans un premier temps, nous vérifions l'homogénéité des groupes de recherche avant tout dispositif. Afin d'obtenir cette première information, une ANOVA est réalisée pour chacun des trois critères choisis (les résultats des élèves au CE1D de sciences lors de l'année antérieure, au CCTT en prétest et au test de Stroop en prétest). L'hypothèse nulle est que les groupes proviennent de la même population et que leurs moyennes sont semblables. L'hypothèse alternative est qu'il y a une différence entre les moyennes des différents groupes, c'est-à-dire qu'au moins une des moyennes est différente des autres. Préalablement à l'analyse de l'ANOVA, il faut vérifier que les variances des quatre groupes de recherche sont égales (homogénéités des variances). Cette vérification se déroule en deux temps : l'observation du graphique boite à moustache et la vérification de la prémisse d'égalité des variances avec le test de Levene.

Dans un second temps, nous cherchons à mettre en évidence des liens significatifs entre les variables avant toute mise en œuvre du dispositif. Pour réaliser cela, nous utilisons le test de corrélation de Pearson. Ce test permet de choisir l'une des deux hypothèses suivantes :

H_0 est l'hypothèse nulle, elle considère qu'il n'y a pas de lien significatif entre les deux variables.

H_1 est l'hypothèse alternative, elle considère qu'il existe bien un lien significatif entre les deux variables.

Ce test repose également sur une distribution normale des données.

Dans un troisième temps, l'analyse de l'évolution des résultats durant le dispositif repose sur la différence significative des moyennes entre le prétest et le post-test. En première intention, nous proposons une ANOVA à mesures répétées pour les quatre groupes de recherche. Ensuite, pour chaque variable prise individuellement, nous cherchons à comparer les résultats entre le prétest et le post-test et vérifier s'il existe une différence significative entre ces deux temps de mesure. Pour réaliser cela, le test t est utilisé. Souvent, le but de ce test est de vérifier l'effet de la variable indépendante (une intervention) sur la variable dépendante (les sujets, ces derniers ayant été pairés d'une façon ou d'une autre). On mesure

donc la variable dépendante avant et après l'intervention. Le test t pour échantillons appariés compare les sujets avec eux-mêmes. Ceci permet de détecter les différences si elles existent bel et bien. Ce test paramétrique permet de rejeter l'une de ces hypothèses :

H_0 est l'hypothèse nulle, elle considère qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux temps de mesure.

H_1 est l'hypothèse alternative, elle considère qu'il existe bien une différence significative entre les deux temps de mesure.

Le test t étant un test paramétrique, il convient de l'appliquer pour des échantillons suffisamment grand (N>30) et dont les données respectent une certaine normalité de distribution, considérant le théorème de la limite centrale si l'analyse porte sur plus de 30 observations. Dans notre cas, nous constatons que la majorité des mesures contient plus de 30 observations. Cela nous permet de considérer le théorème de la limite centrale et de considérer une répartition normale des résultats. Il est alors possible d'appliquer le test t pour échantillons appariés.

Pour les temps mesures où il y a moins de 30 observations, il est nécessaire que l'on applique le test de Shapiro-Wilk (cf. Annexe 10) vérifiant la distribution normale des données ou que l'on vérifie visuellement si la distribution des mesures est normale. Les hypothèses posées pour le test de Shapiro-Wilk sont les suivantes :

H_0 : Les valeurs de l'échantillon sont distribuées normalement.

H_1 : Les valeurs de l'échantillon ne sont pas distribuées normalement.

Si la normalité de la distribution des données est vérifiée, nous pouvons appliquer le test t pour échantillons appariés. Si cette distribution normale n'est pas vérifiée, le test non-paramétrique de Wilcoxon est appliqué. Il répond au même objectif que le test t en mettant en évidence une différence significative entre le prétest et le post-test, à la différence qu'il ne repose pas sur la différence des moyennes, mais sur la différence des médianes. Cette différence implique que le test de Wilcoxon est moins puissant que le test t et qu'il est donc utilisé en deuxième intention. L'ensemble des vérifications préalables à l'application des tests statistiques sont présentées en annexe (cf. Annexe 10) afin de garantir une meilleure lisibilité des résultats. Les détails des tests t et test de Wilcoxon sont également présentés en annexe (cf. Annexe 11).

Enfin, considérant que l'on s'attend à ce que les valeurs après le dispositif soient améliorées, nous sommes bien dans le cas d'une hypothèse unidirectionnelle. Dès lors, nous pouvons considérer une significativité unilatérale pour les différents tests. Notons que si la significativité bilatérale est vérifiée, il n'est pas nécessaire de diviser cette valeur par deux pour trouver la significativité unilatérale.

5.3.1.6. Cadre éthique

Préalablement à la mise en œuvre de cette recherche, la direction de l'école cible marque un accord favorable pour que celle-ci ait lieu au sein de son établissement.

Collectant des données fournies par des élèves mineurs, leur autorisation et celle de leurs parents sont demandées. Il est garanti que toutes les données récupérées dans le cadre de cette recherche doctorale sont anonymisées. Nous garantissons que l'ensemble des données collectées ne sont exploitées que dans le cadre de cette recherche doctorale et des communications inhérentes à cette dernière. Les données collectées sont conservées de manière sécurisée pendant toute la durée nécessaire à l'analyse et à la rédaction des publications scientifiques issues de cette recherche. Elles sont ensuite supprimées de manière définitive une fois l'ensemble des publications finalisées.

Dans un souci éthique, nous portons une attention à ce que chaque élève puisse avoir accès aux mêmes moyens mis en œuvre pour favoriser ses apprentissages et réussir son année scolaire. Nous précisons que le dispositif de cette recherche est un ajout à la mise en place du cours de sciences habituel de cette école. Aucun élève n'a eu accès à moins de moyens pédagogiques et didactiques inhérents aux cours de sciences de cette école que ceux des années antérieures. Au contraire, tous les élèves ont bénéficié d'une réflexion en profondeur des démarches d'investigation mises en place durant l'année. Au terme du dispositif, tous les élèves ont eu accès à la plateforme J'Apprends Autrement afin de réaliser les exercices d'entrainement du contrôle inhibiteur. Tous les élèves ont également bénéficié de pauses métacognitives dans le dernier chapitre du cours. De plus, les questions structurant chaque pause métacognitive ont continué à être employées dans chaque groupe jusqu'en fin d'année mais sans les formaliser.

5.3.2. Résultats

L'observation des résultats au cours du dispositif soutient l'objectif de vérifier l'effet de ce dernier sur la pensée critique. Nous observons l'évolution des résultats entre le prétest (temps 1) et le post-test (temps 2). Les résultats observés sont ceux du CCTT, des sous-compétences du CCTT et du test de Stroop. Ces résultats sont observés en fonction de différentes variables que sont les groupes de recherche et sous-groupes. Pour rappel, l'échantillon est scindé en quatre groupes :

- le groupe 1 (C) : le groupe contrôle ayant vécu le dispositif classique du cours de sciences reposant sur les démarches d'investigation ;
- le groupe 2 (CI) : le groupe ayant vécu uniquement un entrainement du contrôle inhibiteur (en plus du dispositif classique du cours de sciences reposant sur les démarches d'investigation) ;
- le groupe 3 (M) : le groupe ayant vécu uniquement les pauses métacognitives (en plus du dispositif classique du cours de sciences reposant sur les démarches d'investigation) ;
- le groupe 4 (M+CI) : le groupe ayant vécu les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur (en plus du dispositif classique du cours de sciences reposant sur les démarches d'investigation).

Au travers de ces différents groupes de recherche, nous avons établi des sous-groupes pouvant réagir différemment au dispositif élaboré :

- le sous-groupe du genre ;
- le sous-groupe de l'option scientifique ;
- le sous-groupe de la performance initiale au CCTT ;
- le sous-groupe de la performance au CE1D de sciences.

Le détail des résultats est présenté par groupe et sous-groupes.

Préalablement à l'analyse de l'évolution des variables, nous vérifions l'homogénéité des groupes de recherche et les corrélations a priori entre ces variables.

5.3.2.1. Homogénéité des groupes de recherche

Avant toute présentation et analyse de résultats, nous avons vérifié si les groupes de recherche constitués sont homogènes entre eux. Nous proposons de comparer les groupes de recherche selon trois critères initiaux : les résultats des élèves au certificat d'études du premier degré de l'enseignement secondaire (CE1D) de sciences lors de l'année antérieure, au CCTT en prétest et au test de Stroop en prétest. Nous nous intéressons spécifiquement à ces variables, car nous les utilisons par la suite. Si un groupe obtient des résultats différents pour l'une de ces variables préalablement à toute intervention, il convient d'en tenir compte lors de l'analyse des résultats.

Homogénéité des résultats au CE1D de sciences

En observant le graphique boite à moustache (cf. Figure 27), on constate que plusieurs des intervalles se chevauchent dans les quatre groupes. Concrètement, cela signifie que la plupart des groupes possèdent des valeurs de moyennes possibles compatibles. De façon plus fine, il faut vérifier la prémisse d'égalité des variances avec le test de Levene (cf. Tableau 30). Comme ce dernier n'est pas significatif ($p > 0,05$), on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle de l'égalité des variances. Elles sont donc considérées semblables, ce qui permet de passer à l'interprétation de l'ANOVA (cf. Tableau 31). La dernière colonne indique que la probabilité de retrouver cette valeur de F lorsque l'hypothèse nulle est vraie est de 0,229, soit plus de 20 %. Dans ce cas-ci, nous avons suffisamment de preuves pour ne pas rejeter l'hypothèse nulle et dire qu'il est très probable que les résultats au CE1D dans chaque groupe soient les mêmes dans la population. L'analyse de variance nous indique qu'il n'existe pas de différences entre les groupes.

Figure 27. Intervalles de confiance des résultats au CE1D en fonction des groupes de recherche

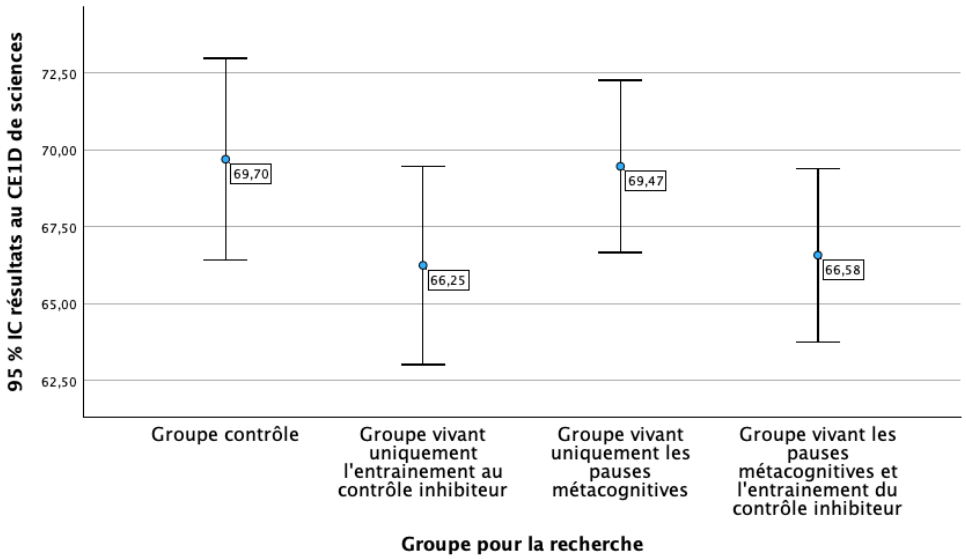


Tableau 29. Moyennes des résultats au CE1D de sciences

Moyennes des résultats au CE1D de sciences						
	N	Moyenne	Écart type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne	
					Borne inférieure	Borne supérieure
Groupe contrôle (1)	66	69,6970	13,34739	1,64295	66,4158	72,9782
Groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur (2)	60	66,2500	12,48134	1,61133	63,0257	69,4743
Groupe vivant uniquement les pauses métacognitives (3)	75	69,4667	12,15478	1,40351	66,6701	72,2632
Groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur (4)	79	66,5823	12,59182	1,41669	63,7619	69,4027
Total	280	68,0179	12,66680	,75699	66,5277	69,5080

Tableau 30. Test d'homogénéité des variances des résultats au CE1D de sciences

Tests d'homogénéité des variances				
Résultats au CE1D de sciences	Statistique de Levene	df1	df2	Sig.
Basé sur la moyenne	,546	3	276	,651

Tableau 31. ANOVA à partir des résultats au CE1D de sciences

ANOVA					
Résultats au CE1D de sciences	Somme des carrés	df	Carré moyen	F	Sig.
Entre groupes	693,839	3	231,280	1,448	,229
Intra-groupes	44071,071	276	159,678		
Total	44764,911	279			

Homogénéité des résultats au CCTT

En observant le graphique boite à moustache (cf. Figure 28), on constate que plusieurs des intervalles se chevauchent dans les quatre groupes. Concrètement, cela signifie que la plupart des groupes possèdent des valeurs de moyennes possibles compatibles. De façon plus fine, en vérifiant la prémisse d'égalité des variances avec le test de Levene (cf. Tableau 33), on constate que ce dernier n'est pas significatif ($p > 0,05$), on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle de l'égalité des variances. Elles sont donc considérées semblables, ce qui permet de passer à l'interprétation de l'ANOVA (cf. Tableau 34). La dernière colonne indique que la probabilité de retrouver cette valeur de F lorsque l'hypothèse nulle est vraie est de 0,539, soit plus de 50 %. Dans ce cas-ci, nous avons suffisamment de preuves pour ne pas rejeter l'hypothèse nulle et dire qu'il est très probable que les résultats au CCTT en prétest dans chaque groupe soient les mêmes dans la population. L'analyse de variance nous indique qu'il n'existe pas de différences entre les groupes.

Figure 28. Intervalles de confiance des résultats au CCTT en prétest en fonction des groupes de recherche

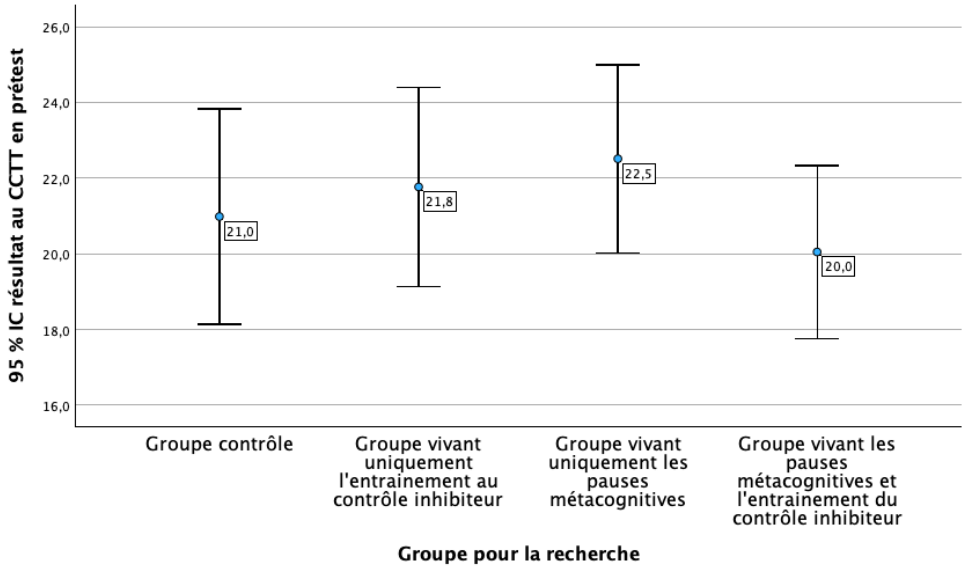


Tableau 32. Moyennes au CCTT au prétest

Moyennes des résultats au CCTT en prétest						
	N	Moyenne	Écart type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne	
					Borne inférieure	Borne supérieure
Groupe contrôle (1)	71	20,986	12,0181	1,4263	18,141	23,831
Groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur (2)	65	21,769	10,6394	1,3196	19,133	24,406
Groupe vivant uniquement les pauses métacognitives (3)	78	22,513	11,0162	1,2473	20,029	24,997
Groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur (4)	81	20,049	10,3331	1,1481	17,765	22,334
Total	295	21,305	10,9892	,6398	20,046	22,564

Tableau 33. Test d'homogénéité des variances

Tests d'homogénéité des variances				
Résultat au CCTT en prétest (sur 71)	Statistique de Levene	df1	df2	Sig.
Basé sur la moyenne	1,193	3	291	,313

Tableau 34. ANOVA à partir des résultats au CCTT en prétest

ANOVA						
		Somme des carrés	df	Carré moyen	F	Sig.
Résultat au CCTT en prétest (sur 71)	Entre groupes	262,728	3	87,576	,723	,539
	Intra-groupes	35241,314	291	121,104		
	Total	35504,042	294			

Homogénéité au test de Stroop en prétest

Le dernier critère observé est le résultat au test de Stroop en prétest.

En observant le graphique boite à moustache (cf. Figure 29), on constate que plusieurs des intervalles se chevauchent dans les quatre groupes. Concrètement, cela signifie que la plupart des groupes possèdent des valeurs de moyennes possibles compatibles. De façon plus fine, en vérifiant la prémisse d'égalité des variances avec le test de Levene (cf. Tableau 36), on constate que ce dernier est significatif ($p = 0,039$), on peut rejeter l'hypothèse nulle de l'égalité des variances, il existe une différence significative entre les variances. Cette

différence provient très certainement du fait que la taille des groupes est très inégale ; le groupe 1 est bien plus petit que les trois autres.

Malgré ce premier constat, si l'on passe à l'analyse de l'ANOVA (cf. Tableau 37), la dernière colonne indique que la probabilité de retrouver cette valeur de F lorsque l'hypothèse nulle est vraie est de 0,949, soit plus de 90 %.

Ainsi, malgré la valeur significative du test de Levene, nous avons suffisamment de preuves pour ne pas rejeter l'hypothèse nulle et dire qu'il est très probable que les résultats au Stroop en prétest dans chaque groupe soient les mêmes dans la population. L'analyse de variance nous indique qu'il n'existe pas de différences entre les groupes.

Figure 29. Intervalles de confiance des résultats au test de Stroop en prétest en fonction des groupes de recherche

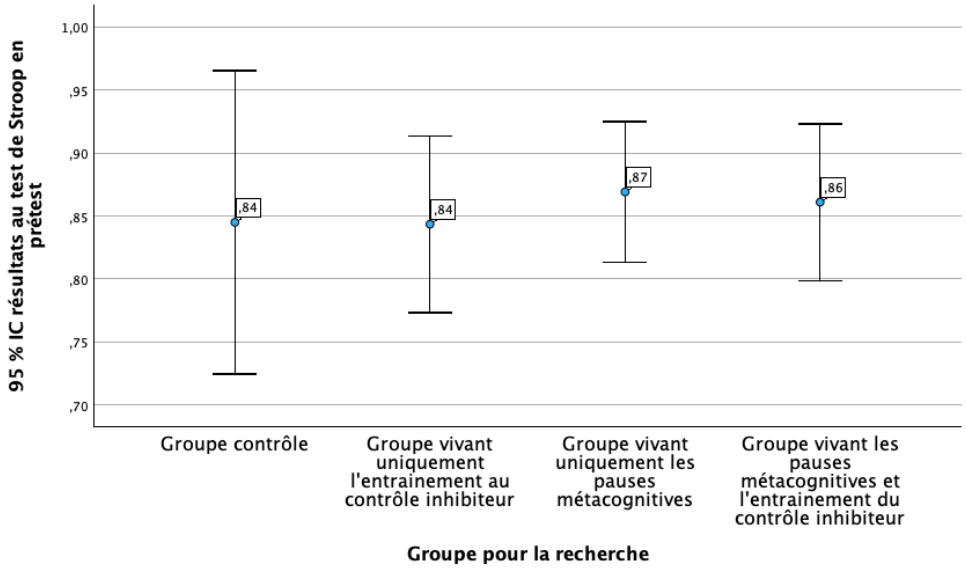


Tableau 35. Moyenne des résultats au test de Stroop en prétest

Moyennes des résultats au test de Stroop en prétest						
	N	Moyenne	Écart type	Erreur standard	Intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne	
					Borne inférieure	Borne supérieure
Groupe contrôle	30	,8450	,32177	,05875	,7248	,9651
Groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur	49	,8435	,24352	,03479	,7735	,9134
Groupe vivant uniquement les pauses métacognitives	76	,8691	,24413	,02800	,8133	,9249
Groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur	80	,8610	,27943	,03124	,7988	,9232
Total	235	,8579	,26565	,01733	,8238	,8920

Tableau 36. Test d'homogénéité des variances

Tests d'homogénéité des variances					
		Statistique de Levene	df1	df2	Sig.
Résultats au test de Stroop en prétest	Basé sur la moyenne	2,825	3	231	,039
	Basé sur la médiane	2,096	3	231	,101
	Basé sur la médiane avec ddl ajusté	2,096	3	225,959	,102
	Basé sur la moyenne tronquée	2,742	3	231	,044

Tableau 37. ANOVA à partir des résultats au Stroop en prétest

ANOVA					
Résultats au test de Stroop en prétest	Somme des carrés	df	Carré moyen	F	Sig.
Entre groupes	,025	3	,008	,119	,949
Intra-groupes	16,487	231	,071		
Total	16,513	234			

Au regard de ces éléments, nous pouvons conclure que les quatre groupes de recherche sont homogènes entre eux en début d'année. Sachant cela, il est possible d'observer si des écarts apparaissent entre les groupes en fonction du dispositif suivi.

Remarquons que des résultats comparables ont été obtenus en réalisant une ANOVA multivariée (MANOVA). Les variables sont les suivantes : comme variable indépendante les groupes de la recherche et comme variables dépendants les résultats au CE1D de sciences, les résultats au CCTT en prétest et les résultats au test de Stroop en prétest. Le test d'égalité des covariances de Box n'est pas significatif ($p = 0,253$). Il est alors permis d'appliquer la MANOVA. Quelle que soit la méthode choisie, le résultat n'est pas significatif ($p > 0,05$). Il convient alors de rejeter l'hypothèse alternative déclarant des différences entre les groupes.

5.3.2.2. Corrélation a priori entre les variables

Nous portons un regard sur l'échantillon des élèves de 3e année, avant toute intervention pédagogique. Pour ce faire, nous souhaitons vérifier s'il existe des corrélations a priori entre le genre des élèves, leur résultat au CE1D de sciences lors de l'année antérieure, leur choix d'option scientifique en 3e année, leur résultat au CCTT en prétest, les sous-compétences évaluées dans le CCTT ainsi que leur résultat au test de Stroop (couleur) au prétest. Nous proposons de vérifier l'influence du genre car, comme le rappel Mercier-Brunel (2023), il existe des différences entre les filles et les garçons au regard des apprentissages en sciences, technologie, ingénierie et mathématiques (STIM). Cette recherche prenant place dans le cadre de la didactique des sciences, il est intéressant de vérifier si le genre influence les résultats observés. Le choix d'établir des corrélations avec les résultats au CE1D de sciences et l'option scientifique permet de vérifier notre hypothèse portant sur les connaissances antérieures des élèves. Rappelons que cette hypothèse est fondée sur le propos de Farina et Pasquinelli (2019) précisant que le développement de la pensée critique se fonde sur des connaissances préalables dans le domaine considéré.

Préalablement à l'application des tests statistiques, nous vérifions les conditions d'application du test statistique ciblé (test paramétrique, détermination du coefficient de corrélation). Nous vérifions la normalité des variables parentes et nous vérifions la distribution normale de notre échantillon.

Notre échantillon étant de grande taille ($N = 225$, après retrait des valeurs manquantes), au regard du théorème de la limite centrale (Dancey et Reidy, 2007), nous estimons que la distribution de la moyenne de l'échantillon est normale. L'ensemble des critères de normalité étant satisfaisant, nous nous autorisons à utiliser le coefficient de Pearson.

Nos hypothèses sont les suivantes :

H_0 : Il n'y a pas de relation entre les variables pour l'échantillon observé.

H_1 : Il y a des relations entre les variables pour l'échantillon observé.

Au regard du tableau en annexe (cf. Annexe 12), nous relevons 25 corrélations significatives entre les variables sélectionnées. La force de la corrélation est décrite au regard des normes fournies par Dancey et Reidy (2007).

Le résultat global au CCTT en prétest est faiblement lié, et de manière positive, au résultat au test de Stroop en prétest ($r = 0,21$, $p < 0,001$). Lorsque le résultat au test de Stroop augmente, le résultat au CCTT augmente également.

Le résultat au CE1D de sciences est faiblement à moyennement lié, et de manière positive, au résultat global au CCTT en prétest ($r = 0,38$, $p < 0,001$). Lorsque le résultat au CCTT augmente, le résultat au CE1D de sciences augmente également. De la même façon, le résultat au CE1D de sciences est faiblement à moyennement lié, et de manière positive, au groupe de performance au CCTT en prétest ($r = 0,32$, $p < 0,001$). Lorsque le résultat au CE1D augmente, les élèves sont également dans un groupe de performance au CCTT performant mieux. Le résultat au CE1D de sciences est fortement lié, et de manière positive, au groupe de performance au CE1D de sciences ($r=0,86$, $p<0,001$).

Le résultat global au CCTT en prétest est fortement lié, et de manière positive, au groupe de performance au CCTT ($r = 0,87$, $p < 0,001$). Les groupes de performance sont établis en fonction du résultat au CCTT. Il est logique que ces deux valeurs soient corrélées. De la même façon que le résultat au CCTT et au CE1D de sciences sont liés, le groupe de performance au CCTT en prétest est faiblement lié, et de manière positive, au groupe de performance au CE1D de sciences ($r = 0,29$, $p < 0,001$). Lorsque le groupe de performance au CCTT est meilleur, le groupe de performance au CE1D de sciences est meilleur également.

Le résultat global au CCTT en prétest est faiblement à moyennement lié, et de manière positive, au groupe de performance au CE1D ($r = 0,33$, $p < 0,001$). De la même manière que le résultat au CE1D est corrélé au résultat au CCTT, les groupes de performance des élèves au CE1D sont corrélés avec le résultat au CCTT.

Les sous-compétences de la pensée critique évaluées dans le CCTT, sont également mises en corrélation avec les différentes variables. Nous précisons que la sous-compétence « observation » et la sous-compétence « crédibilité » dans le CCTT sont évaluées par les mêmes items. Il est donc normal que les résultats pour ces deux sous-compétences soient identiques. En observant le tableau en annexe (cf. Annexe 13), le résultat global au CCTT est corrélé positivement avec les cinq sous-compétences de la pensée critique. Nous relevons qu'il est corrélé fortement avec les sous-compétences d'induction, de déduction et d'observation et crédibilité. Il est moyennement corrélé avec la sous-compétence d'émission d'hypothèses.

Prises séparément, les sous-compétences de pensée critique évaluées dans le CCTT sont corrélées à d'autres valeurs. Les résultats du CE1D de sciences sont faiblement (avec des forces de corrélation légèrement variables) corrélés positivement aux cinq sous-compétences de la pensée critique évaluées dans le CCTT. Le résultat au test de Stroop est faiblement (avec des forces de corrélation légèrement variables) corrélé positivement à quatre sous-compétences de la pensée critique que sont la déduction, l'observation, la crédibilité et l'émission d'hypothèses. Les sous-compétences d'observation et de crédibilité sont faiblement corrélées négativement avec le genre des élèves ($r = -0,13$, $p < 0,05$). Les filles obtiennent de meilleurs résultats à ces deux sous-compétences que les garçons. Ces sous-compétences sont également faiblement corrélées négativement avec l'option scientifique

des élèves ($r = -0,13$, $p < 0,05$). Les élèves suivant l'option de sciences de base obtiennent de meilleurs résultats à ces sous-compétences que les élèves suivant l'option de sciences générales.

Le résultat au test de Stroop en prétest est faiblement lié, et de manière négative, au genre des élèves ($r = -,13$, $p = 0,021$). Les filles, codées avec la valeur 0, obtiennent de meilleurs résultats au test de Stroop que les garçons (codés 1).

Le résultat au test de Stroop en prétest est faiblement lié, et de manière négative, à l'option scientifique des élèves ($r = -,14$, $p = 0,02$). Les élèves suivant le cours de sciences de base, codé avec la valeur 3, obtiennent de meilleurs résultats au test de Stroop que les élèves suivant le cours de sciences générales (codé 5).

Le résultat au test de Stroop en prétest est faiblement lié, et de manière positive, aux enseignants ($r = 0,11$, $p = 0,04$). Ce résultat est à mettre en lien avec la corrélation entre le résultat au test de Stroop et l'option scientifique. En effet, les enseignants n'ont pas tous les mêmes attributions et un nombre équivalent d'élèves de sciences de base ou de sciences générales.

Le résultat au CE1D de sciences est faiblement lié, et de manière positive, au résultat au test de Stroop en prétest ($r = 0,17$, $p = 0,007$). Lorsque le résultat au test de Stroop augmente, le résultat au CE1D de sciences augmente également.

Le groupe de performance au CE1D de sciences est faiblement lié, et de manière positive, au résultat au test de Stroop en prétest ($r = 0,14$, $p = 0,02$). Les élèves ayant de meilleurs résultats au test de Stroop font également partie de groupes avec une meilleure performance au CE1D. Cette observation est en adéquation avec l'observation relevant une corrélation positive entre le test de Stroop et le CE1D de sciences.

Le groupe de performance au CCTT est faiblement lié, et de manière positive, au résultat au test de Stroop en prétest ($r = 0,23$, $p < 0,001$). Les élèves ayant de meilleurs résultats au test de Stroop font également partie de groupes avec une meilleure performance au CCTT. Cette observation est en adéquation avec l'observation relevant une corrélation positive entre le test de Stroop et le CCTT.

Le groupe de recherche est faiblement lié, et de manière positive, à l'enseignant ($r = 0,25$, $p < 0,001$). Par exemple, au regard du codage choisi, l'enseignant codé 2 donne cours au groupe de recherche 1, les enseignants codés 1 et 5 donnent cours au groupe de recherche codé 3, les enseignants codés 4 et 6 donnent cours au groupe de recherche codé 4. La corrélation provient de choix aléatoire pour le codage.

Le groupe de recherche est faiblement lié, et de manière positive, à l'option scientifique ($r = 0,21$, $p < 0,001$). Selon cette observation, il y a davantage d'élèves suivant le cours de sciences générales quand la valeur des groupes de recherche augmente également. Il s'agit d'un hasard lié au codage.

Le genre est faiblement lié, et de manière négative, au groupe classe ($r = -0,10$, $p = 0,038$) et à l'enseignant ($r = -19$, $p < 0,001$). Cette observation de corrélation est le fruit du hasard,

car les groupes classes ne sont pas fondés sur le genre, de la même façon que l'attribution des enseignants pour chaque classe.

Le groupe classe est faiblement à moyennement lié, et de manière négative, à l'enseignant ($r = -33$, $p < 0{,}001$). Le groupe classe est faiblement lié, et de manière négative, à l'option scientifique ($r = -14$, $p = 0{,}008$). Le groupe classe est faiblement à moyennement lié, et de manière négative, au résultat au CE1D de sciences ($r = -35$, $p < 0{,}001$) et au groupe de performance au CE1D de sciences ($r = -0{,}32$, $p < 0{,}001$). Ces différents liens sont assez cohérents, car les groupes classes sont fondés sur les différentes options que choisissent les élèves.

L'enseignant est faiblement lié, et de manière positive, au résultat au CE1D de sciences ($r = 0{,}14$, $p = 0{,}009$). Les enseignants n'ayant pas des attributions de cours identiques, cette observation peut être liée aux différents cours enseignés (sciences de base ou sciences générales). De la même façon, l'enseignant est faiblement lié, et de manière positive, au groupe de performance au CE1D ($r = 0{,}12$, $p = 0{,}019$).

En lien avec l'observation précédente, l'option scientifique est faiblement liée, et de manière positive, avec le résultat au CE1D de sciences ($r = 0{,}18$, $p = 0{,}001$). Lorsque les élèves ont de meilleurs résultats au CE1D de sciences, ils choisissent une option scientifique avec davantage d'heures de cours par semaine. Ce lien avec l'option scientifique s'observe également avec le groupe de performance au CE1D de sciences ($r = 0{,}14$, $p = 0{,}01$).

L'essentiel à retenir

Le résultat global au CCTT en prétest est faiblement lié, et de manière positive, au résultat au test de Stroop en prétest ($r = 0{,}21$, $p < 0{,}001$). Lorsque le résultat au test de Stroop augmente, le résultat au CCTT augmente également.

Le résultat au CE1D de sciences est faiblement à moyennement lié, et de manière positive, au résultat global au CCTT en prétest ($r = 0{,}38$, $p < 0{,}001$). Lorsque le résultat au CCTT augmente, le résultat au CE1D de sciences augmente également.

Le résultat au CE1D de sciences est faiblement lié, et de manière positive, au résultat au test de Stroop en prétest ($r = 0{,}17$, $p = 0{,}007$). Lorsque le résultat au test de Stroop augmente, le résultat au CE1D de sciences augmente également.

Le résultat au test de Stroop en prétest est faiblement lié, et de manière négative, au genre des élèves ($r = -{,}13$, $p = 0{,}021$). Les filles, codées avec la valeur 0, obtiennent de meilleurs résultats au test de Stroop que les garçons (codés 1).

Le résultat au test de Stroop en prétest est faiblement lié, et de manière négative, à l'option scientifique des élèves ($r = -{,}14$, $p = 0{,}02$). Les élèves suivant le cours de sciences de base, codé avec la valeur 3, obtiennent de meilleurs résultats au test de Stroop que les élèves suivant le cours de sciences générales (codé 5).

5.3.2.3. Évolution de la pensée critique (CCTT)

L'ensemble des vérifications préalables à l'application des tests statistiques est présenté en annexe (cf. Annexe 10), afin de favoriser une lecture fluide des résultats.

En première instance, nous présentons l'évolution de pensée critique des élèves au moyenne d'une ANOVA à mesures répétées, afin de synthétiser les résultats en un tableau.

Tableau 38. Tests des effets intrasujets - CCTT

Tests des effets intrasujets							
Source		Somme des carrés de Type III	df	Carré moyen	F	Sig.	η^2 partiel
Temps * groupe	Greenhouse-Geisser	852,171	3,000	284,057	3,831	,010	,038
Erreur (Temps)	Greenhouse-Geisser	21575,592	291,000	74,143			

Les données ont été traitées au moyen d'une ANOVA pour plan à mesures répétées. Les conditions de normalité, d'homogénéité des variances et de sphéricité semblent satisfaites. Les résultats montrent une différence significative des résultats au CCTT entre le prétest et le post-test en fonction des groupes de recherche ($F(3 ; 291) = 3,83$, $p = 0,01$) (cf. Tableau 39). Globalement, l'effet est de 0,04 (η^2 partiel), ce qui indique que 4 % des variations du score au CCTT entre le prétest et le post-test s'expliquent par le groupe de recherche. Les comparaisons par paires (utilisant la procédure de Bonferroni) (cf. Tableau 40) indiquent une différence significative entre le prétest et le post-test ($p = 0,002$) pour le groupe contrôle. Nous observons également (cf. Tableau 40 et Figure 30) une différence significative au CCTT en post-test entre le groupe 1 et le groupe 2 ($p = 0,003$) et entre le groupe 1 et le groupe 3 ($p = 0,01$), mais pas entre le groupe contrôle et le groupe 4 suivant le dispositif complet. Le groupe de recherche, et donc le dispositif suivi, serait donc influent pour faire évoluer la pensée critique, mais pas dans le cas du dispositif complet. La différence la plus importante est entre le groupe contrôle et le groupe ayant suivi uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur.

Tableau 39. Comparaisons appariées - CCTT

Comparaisons appariées							
Groupe pour la recherche	(I) Temps	(J) Temps	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.[b]	Intervalle de confiance à 95 % pour la différence[b]	
						Borne inférieure	Borne supérieure
Groupe 1 (C)	1	2	4,451*	1,445	,002	1,606	7,295
Groupe 2 (CI)	1	2	-2,038	1,510	,178	-5,011	,934
Groupe 3 (M)	1	2	-,244	1,379	,860	-2,957	2,470
Groupe 4 (M+CI)	1	2	-,827	1,353	,541	-3,490	1,836

Basées sur les moyennes marginales estimées

*. La différence moyenne est significative au niveau ,05.

b. Ajustement pour les comparaisons multiples : Bonferroni.

Tableau 40. Comparaisons appariées - CCTT

Comparaisons appariées						
(I) Groupe pour la recherche	(J) Groupe pour la recherche	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.[b]	Intervalle de confiance à 95 % pour la différence[b]	
					Borne inférieure	Borne supérieure
Groupe 1 (C)	Groupe 2 (CI)	-7,272*	2,057	,003	-12,735	-1,809
	Groupe 3 (M)	-6,221*	1,965	,010	-11,441	-1,001
	Groupe 4 (M+CI)	-4,341	1,948	,159	-9,515	,832
Groupe 2 (CI)	Groupe 1 (C)	7,272*	2,057	,003	1,809	12,735
	Groupe 3 (M)	1,051	2,012	1,000	-4,293	6,396
	Groupe 4 (M+CI)	2,931	1,995	,857	-2,368	8,231
Groupe 3 (M)	Groupe 1 (C)	6,221*	1,965	,010	1,001	11,441
	Groupe 2 (CI)	-1,051	2,012	1,000	-6,396	4,293
	Groupe 4 (M+CI)	1,880	1,900	1,000	-3,169	6,928
Groupe 4 (M+CI)	Groupe 1 (C)	4,341	1,948	,159	-,832	9,515
	Groupe 2 (CI)	-2,931	1,995	,857	-8,231	2,368
	Groupe 3 (M)	-1,880	1,900	1,000	-6,928	3,169

Basées sur les moyennes marginales estimées

*. La différence moyenne est significative au niveau ,05.

b. Ajustement pour les comparaisons multiples : Bonferroni.

Dans le groupe contrôle, le résultat au CCTT a diminué entre le prétest et le post-test. Le test de Student montre que cette différence est significative et peut donc être généralisée, puisque t (70) = 2,84 (p = 0,006).

En première analyse, cela signifie que le dispositif a été bénéfique, car le seul groupe dont la moyenne diminue est le groupe contrôle. En effet, malgré une absence de significativité, les résultats des groupes 2 (CI), 3 (M) et 4 (M+CI) augmentent. Nous soulignons que la plus

forte augmentation est observée dans le groupe 2 (CI). De plus, nous observons que l'écart-type augmente pour tous les groupes indiquant plus de dispersion, à l'exception du groupe 2 dont l'écart-type diminue (cf. Tableau 41).

Figure 30. Graphique des moyennes des groupes au CCTT en pré- et post-test

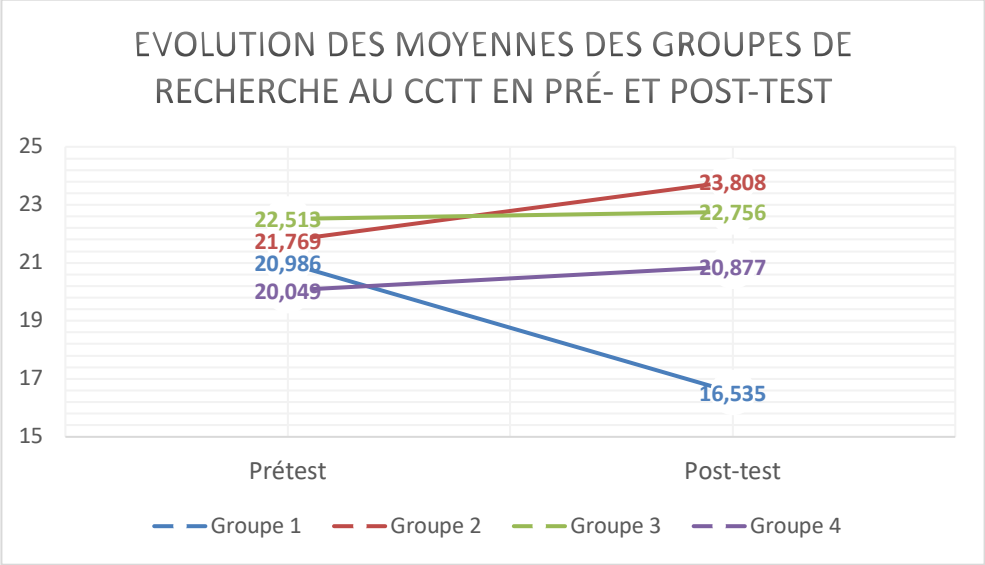
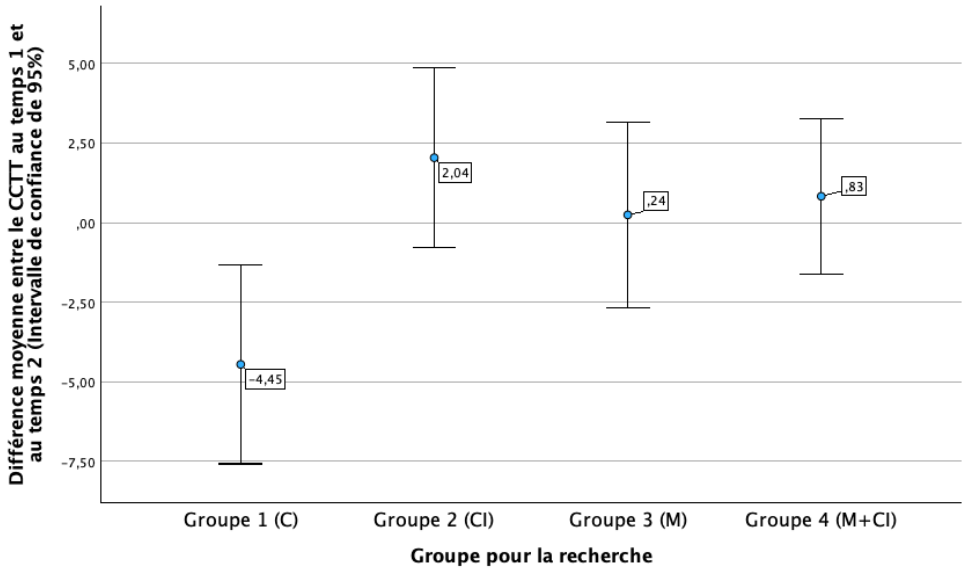


Tableau 41. Statistique descriptive des résultats au CCTT

Statistique descriptive						
Groupe pour la recherche		N	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart type
Groupe 1 (C)	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	71	-2,5	44,0	20,986	12,0181
	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	71	-8,5	51,5	16,535	13,3404
Groupe 2 (CI)	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	65	,0	38,5	21,769	10,6394
	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	65	,0	44,5	23,808	10,5714
Groupe 3 (M)	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	78	-3,5	46,5	22,513	11,0162
	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	78	-7,5	42,5	22,756	12,1452
Groupe 4 (M+CI)	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	81	-7,0	43,5	20,049	10,3331
	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	81	-4,0	50,5	20,877	11,6167

Pour examiner la distribution des différences au CCTT entre le post-test et le prétest des groupes, nous regardons le graphique de barres d'erreur (cf. Figure 31).

Figure 31. Graphique de barres d'erreur pour la différence de résultats entre le post-test et le prétest du CCTT



La différence moyenne entre le score du CCTT entre le post-test et le prétest varie entre - 4,45 pour le groupe contrôle et +2,04 pour le groupe entrainant uniquement son contrôle inhibiteur. Nous sommes à 95 % certains que pour le groupe contrôle, la vraie valeur de la moyenne de la population se situe entre -7,57 et -1,32. L'intervalle le plus restreint est celui du groupe de recherche vivant des pauses métacognitives et un entrainement au contrôle inhibiteur, en raison du grand nombre de sujets qui composent ce groupe (moins d'erreur-type).

Nous observons que plusieurs des intervalles se chevauchent. Concrètement, ceci veut dire que trois groupes possèdent des valeurs de moyennes possiblement comparables. L'exception est l'intervalle du groupe contrôle et celui suivant un entrainement au contrôle inhibiteur ; ces deux intervalles ne se chevauchant pas, leurs valeurs possibles dans l'intervalle de confiance ne sont donc pas partagées. Ces constats corroborent les résultats de l'ANOVA à mesures répétées.

Au-delà des quatre groupes de recherche, nous établissons des sous-groupes de recherche et nous relevons les évolutions significatives des résultats pour ceux-ci.

Dans le groupe contrôle, dans le sous-groupe des élèves ayant l'option sciences de base, nous observons que la médiane des résultats au CCTT au prétest est supérieure à la médiane des résultats au CCTT au post-test. Le test de Wilcoxon montre que les scores au post-test sont significativement plus faibles ($Z = -3,91$, $p < 0,001$). Les élèves de ce groupe ont donc globalement moins bien réussi le CCTT au post-test qu'au prétest.

Dans le groupe contrôle, dans le sous-groupe des élèves performant initialement le moins bien au CCTT, les médianes au CCTT dans les conditions de post-test sont supérieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement plus élevés pour le CCTT ($Z = -2,67$, $p = 0,008$). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de meilleurs résultats au CCTT en vivant le dispositif de base du cours de sciences fondé sur les approches de la didactique des sciences, comme la démarche d'investigation. Nous émettons l'hypothèse que ces élèves avaient des résultats très faibles en début de dispositif et que l'évolution normale durant une année scolaire leur a permis d'améliorer leurs résultats.

Dans le groupe contrôle, dans le sous-groupe des élèves performant initialement dans la moyenne au CCTT, les médianes au CCTT dans les conditions de post-test sont inférieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement moins élevés pour le CCTT ($Z = -3,77$, $p < 0,001$). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de moins bons résultats au CCTT en vivant le dispositif de base du cours de sciences fondé sur la didactique des sciences et la démarche d'investigation.

Dans le groupe contrôle, dans le sous-groupe des élèves performant initialement le mieux au CCTT, les médianes au CCTT dans les conditions de post-test sont inférieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement moins élevés pour le CCTT ($Z = -2,22$, $p = 0,026$). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de moins bons résultats au CCTT en vivant le dispositif de base du cours de sciences fondé sur la didactique des sciences et la démarche d'investigation.

Dans le groupe contrôle, dans le sous-groupe des élèves performant dans la moyenne au CE1D de sciences, les médianes au CCTT dans les conditions de post-test sont inférieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement moins élevés pour le CCTT ($Z = -3,19$, $p = 0,001$). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de moins bons résultats au CCTT en vivant le dispositif de base du cours de sciences fondé sur la didactique des sciences et la démarche d'investigation.

Dans le groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe des élèves performant initialement le moins bien au CCTT, les médianes au CCTT dans les conditions de post-test sont supérieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement plus élevés pour le CCTT ($Z = -2,93$, $p = 0,003$). Comme précédemment, nous émettons l'hypothèse que ces élèves avaient des résultats très faibles en début de dispositif et que l'évolution normale durant une année scolaire leur a permis d'améliorer leurs résultats. Nous émettons également l'hypothèse que le dispositif vécu a favorisé le développement de leur pensée critique.

Dans le groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe des élèves performant dans la moyenne au CE1D de sciences, les médianes au CCTT

dans les conditions de post-test sont supérieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement plus élevés pour le CCTT ($Z = -2,23$, $p = 0,026$). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de meilleurs résultats au CCTT en vivant le dispositif de base du cours de sciences fondé sur la didactique des sciences et la démarche d'investigation enrichi d'un entrainement hebdomadaire du contrôle inhibiteur grâce à la réalisation de différentes variantes du test de Stroop.

Dans le groupe vivant uniquement les pauses métacognitives, dans le sous-groupe des élèves performant initialement le moins bien au CCTT, les médianes au CCTT dans les conditions de post-test sont supérieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement plus élevés pour le CCTT ($Z = -2,94$, $p = 0,003$). Comme précédemment, nous émettons l'hypothèse que ces élèves avaient des résultats très faibles en début de dispositif et que l'évolution normale durant une année scolaire leur a permis d'améliorer leurs résultats. Nous émettons également l'hypothèse que le dispositif vécu a favorisé le développement de leur pensée critique. La réalisation de pauses métacognitives semble particulièrement propice aux élèves performant le moins bien au CCTT au prétest.

Dans le groupe vivant uniquement les pauses métacognitives, dans le sous-groupe des élèves performant initialement le mieux au CCTT, les médianes au CCTT dans les conditions de post-test sont inférieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement moins élevés pour le CCTT ($Z = -2,43$, $p = 0,015$). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de moins bons résultats au CCTT en vivant le dispositif spécifique des pauses métacognitives uniquement.

Dans le groupe vivant uniquement les pauses métacognitives, dans le sous-groupe des élèves performant le mieux au CE1D de sciences, la médiane au CCTT dans les conditions de post-test est supérieure à celle des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement plus élevés pour le CCTT ($Z = -1,99$, $p = 0,047$). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de meilleurs résultats au CCTT en vivant le dispositif de base du cours de sciences fondé sur la didactique des sciences et la démarche d'investigation enrichi de pauses métacognitives intégrées aux différentes démarches d'investigation vécues.

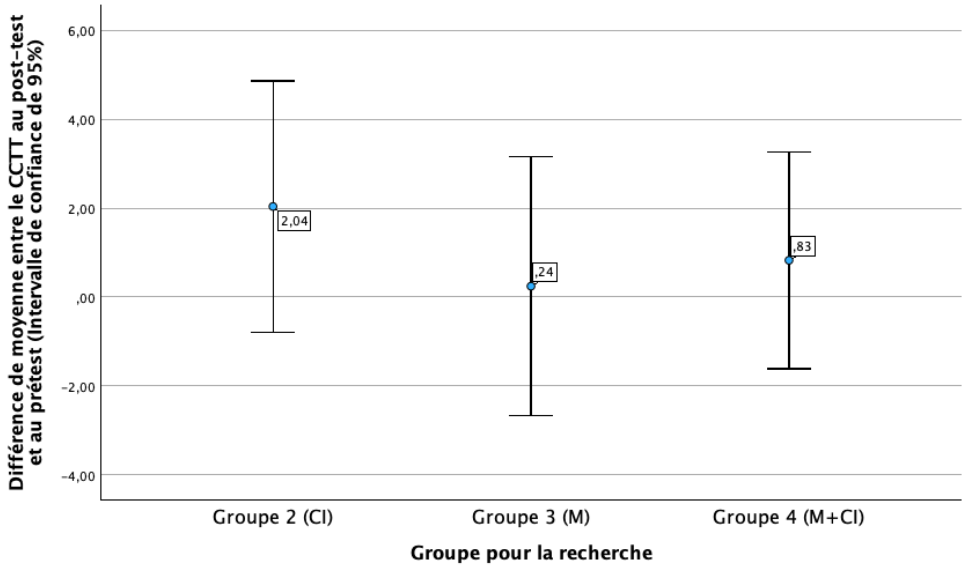
Dans le groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe des élèves performant initialement le moins bien au CCTT, les médianes au CCTT dans les conditions de post-test sont supérieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement plus élevés pour le CCTT ($Z = -2,87$, $p = 0,004$). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de meilleurs résultats au CCTT en vivant le dispositif spécifique des pauses métacognitives et d'un entrainement au contrôle inhibiteur. Le dispositif leur est profitable mais pas autant que s'ils n'avaient vécu que des pauses métacognitives.

Afin de compléter l'analyse déjà détaillée, une seconde ANOVA à mesures répétées est réalisée en ne sélectionnant que les groupes de recherche 2 (CI), 3 (M) et 4 (M+CI). En effet,

au regard de l'analyse globale, nous constatons que les différences principales se situent entre le groupe 1 (C) et les groupes 2 (CI), 3 (M) et 4 (M+CI). Avec cette seconde analyse, nous nous centrons sur les différences entre les groupes ayant vécu des dispositifs spécifiques.

Les données indiquent que, quelle que soit la condition expérimentale (groupe 2, groupe 3 ou groupe 4), les moyennes générales au CCTT demeurent proches et n'évoluent pas de manière significative au fil du temps (cf. Figure 32). L'ANOVA à mesures répétées ne révèle aucun effet principal ni du temps ni de l'interaction temps et groupe sur le score total du CCTT. Les différences observées entre groupes, ainsi que les progressions internes à chacun d'eux, ne sont pas significatives. Les tailles d'effet très faibles (η^2 partiel < ,01) suggèrent qu'aucune influence robuste des dispositifs expérimentaux sur le score global de pensée critique n'a pu être mise en évidence. Cette observation est en adéquation avec l'analyse portant sur la comparaison entre les quatre groupes de recherche.

Figure 32. Graphique de barres d'erreur pour la différence de résultats entre le post-test et le prétest du CCTT, pour les groupes 2, 3 et 4



L'essentiel à retenir

Globalement, 4 % des variations du score au CCTT entre le prétest et le post-test s'expliquent par le groupe de recherche. Dans le groupe contrôle, le résultat au CCTT a diminué significativement entre le prétest et le post-test. Nous observons également une différence significative au CCTT en post-test entre le groupe 1 (C) et le groupe 2 (CI) et entre le groupe 1 (C) et le groupe 3 (M), mais pas entre le groupe 1 (C) et le groupe 4 (M+CI). Cela suggère deux choses : un effet négatif du « dispositif classique » du cours ; les dispositifs séparés (entrainement du contrôle inhibiteur seul ou pratique de pauses métacognitives seules) semblent plus efficaces que le dispositif combiné, ou que leur combinaison demande plus de temps ou une meilleure mise en œuvre pour être pleinement efficace. Nous soulignons que la plus forte augmentation est observée dans le groupe 2 (CI). De plus, nous observons que l'écart-type augmente pour tous les groupes indiquant plus de dispersion, à l'exception du groupe 2 (CI) dont l'écart-type diminue.

5.3.2.4. Évolution des dimensions de la pensée critique (CCTT)

Nous observons à présent l'évolution des dimensions de la pensée critique évaluées dans le CCTT. Pour faciliter la lecture des données, l'évolution de chaque dimension est analysée séparément pour les quatre groupes de recherche. Les analyses réalisées pour les sous-groupes sont regroupées en fonction de ces derniers.

Dimension « Induction »

Tableau 42. Tests des effets intrasujets - Dimension « Induction »

Tests des effets intrasujets							
Source		Somme des carrés de Type III	df	Carré moyen	F	Sig.	η^2 partiel
temps	Greenhouse-Geisser	20,362	1,000	20,362	1,090	,297	,004
temps * groupe	Greenhouse-Geisser	186,468	3,000	62,156	3,327	,020	,033
	Greenhouse-Geisser	5436,042	291,000	18,681			

Tableau 43. Comparaisons appariées - Dimension « Induction »

Comparaisons appariées							
Groupe pour la recherche	(I) temps	(J) temps	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.[b]	Intervalle de confiance à 95 % pour la différence[b]	
						Borne inférieure	Borne supérieure
Groupe 1 (C)	1	2	2,127*	,725	,004	,699	3,554
Groupe 2 (CI)	1	2	-,485	,758	,523	-1,977	1,008
Groupe 3 (M)	1	2	,603	,692	,385	-,760	1,965
Groupe 4 (M+CI)	1	2	-,753	,679	,268	-2,090	,584

Basées sur les moyennes marginales estimées
*. La différence moyenne est significative au niveau ,05.
b. Ajustement pour les comparaisons multiples : Bonferroni.

Tableau 44. Comparaisons appariées - Dimension « Induction »

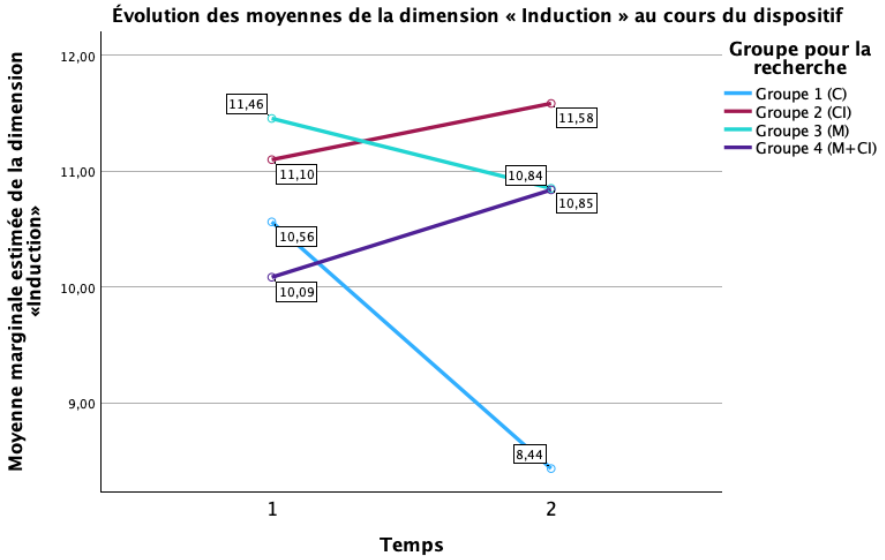
Comparaisons appariées au temps 2						
(I) Groupe pour la recherche	(J) Groupe pour la recherche	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.[b]	Intervalle de confiance à 95 % pour la différence[b]	
					Borne inférieure	Borne supérieure
Groupe 1 (C)	Groupe 2 (CI)	-3,148*	,926	,005	-5,609	-,687
	Groupe 3 (M)	-2,416*	,885	,040	-4,767	-,065
	Groupe 4 (M+CI)	-2,403*	,877	,039	-4,733	-,073
Groupe 2 (CI)	Groupe 1 (C)	3,148*	,926	,005	,687	5,609
	Groupe 3 (M)	,732	,906	1,000	-1,675	3,139
	Groupe 4 (M+CI)	,745	,899	1,000	-1,642	3,132
Groupe 3 (M)	Groupe 1 (C)	2,416*	,885	,040	,065	4,767
	Groupe 2 (CI)	-,732	,906	1,000	-3,139	1,675
	Groupe 4 (M+CI)	,013	,856	1,000	-2,261	2,287
Groupe 4 (M+CI)	Groupe 1 (C)	2,403*	,877	,039	,073	4,733
	Groupe 2 (CI)	-,745	,899	1,000	-3,132	1,642
	Groupe 3 (M)	-,013	,856	1,000	-2,287	2,261

Basées sur les moyennes marginales estimées
*. La différence moyenne est significative au niveau ,05.
b. Ajustement pour les comparaisons multiples : Bonferroni.

Les données ont été traitées au moyen d'une ANOVA pour plan à mesures répétées. Les conditions de normalité, d'homogénéité des variances et de sphéricité semblent satisfaites. Les résultats montrent une différence significative des résultats de la dimension « Induction » entre le prétest et le post-test en fonction des groupes de recherche ($F(3 ; 291)= 3, 33$, $p = 0,02$). Globalement, l'effet est de 0,03 (η^2 partiel), ce qui indique que 3 % des variations du score de la dimension « Induction » entre le prétest et le post-test s'expliquent par le

groupe de recherche. Les comparaisons par paires (utilisant la procédure de Bonferroni) indiquent une différence significative entre le prétest et le post-test (p = 0,004) pour le groupe contrôle. Nous observons également une différence significative de cette dimension en post-test entre le groupe 1 et le groupe 2 (p = 0,005), entre le groupe 1 et le groupe 3 (p = 0,04) et entre le groupe 1 et le groupe 4 (p = 0,04). Le groupe de recherche, et donc le dispositif suivi, serait donc influent pour faire évoluer la dimension « Induction » de la pensée critique. La différence la plus importante étant entre le groupe contrôle le groupe ayant suivi uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur ; les différences entre le groupe 1 et le groupe 3 et entre le groupe 1 et le groupe 4 sont assez comparables. Seul le groupe contrôle diffère des autres. Les groupes 2, 3 et 4 ne diffèrent pas entre eux.

Figure 33. Évolution des moyennes de la dimension « Induction » au cours du dispositif



Dimension « Déduction »

Tableau 45. Tests des effets intrasujets - Dimension « Déduction »

Tests des effets intrasujets							
Source		Somme des carrés de Type III	df	Carré moyen	F	Sig.	η^2 partiel
temps	Greenhouse-Geisser	27,943	1,000	27,943	1,810	,180	,006
temps * groupe	Greenhouse-Geisser	52,252	3,000	17,417	1,128	,338	,011
Erreur (temps)	Greenhouse-Geisser	4493,022	291,000	15,440			

Tableau 46. Comparaisons appariées - Dimension « Déduction »

Comparaisons appariées au temps 2						
(I) Groupe pour la recherche	(J) Groupe pour la recherche	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.[a]	Intervalle de confiance à 95 % pour la différence[a]	
					Borne inférieure	Borne supérieure
Groupe 1 (C)	Groupe 2 (CI)	-2,101	,987	,205	-4,724	,522
	Groupe 3 (M)	-1,864	,944	,295	-4,371	,642
	Groupe 4 (M+CI)	-,714	,935	1,000	-3,199	1,770
Groupe 2 (CI)	Groupe 1 (C)	2,101	,987	,205	-,522	4,724
	Groupe 3 (M)	,237	,966	1,000	-2,329	2,803
	Groupe 4 (M+CI)	1,387	,958	,892	-1,158	3,932
Groupe 3 (M)	Groupe 1 (C)	1,864	,944	,295	-,642	4,371
	Groupe 2 (CI)	-,237	,966	1,000	-2,803	2,329
	Groupe 4 (M+CI)	1,150	,913	1,000	-1,274	3,574
Groupe 4 (M+CI)	Groupe 1 (C)	,714	,935	1,000	-1,770	3,199
	Groupe 2 (CI)	-1,387	,958	,892	-3,932	1,158
	Groupe 3 (M)	-1,150	,913	1,000	-3,574	1,274

Basées sur les moyennes marginales estimées
a. Ajustement pour les comparaisons multiples : Bonferroni.

Tableau 47. Comparaisons appariées - Dimension « Déduction »

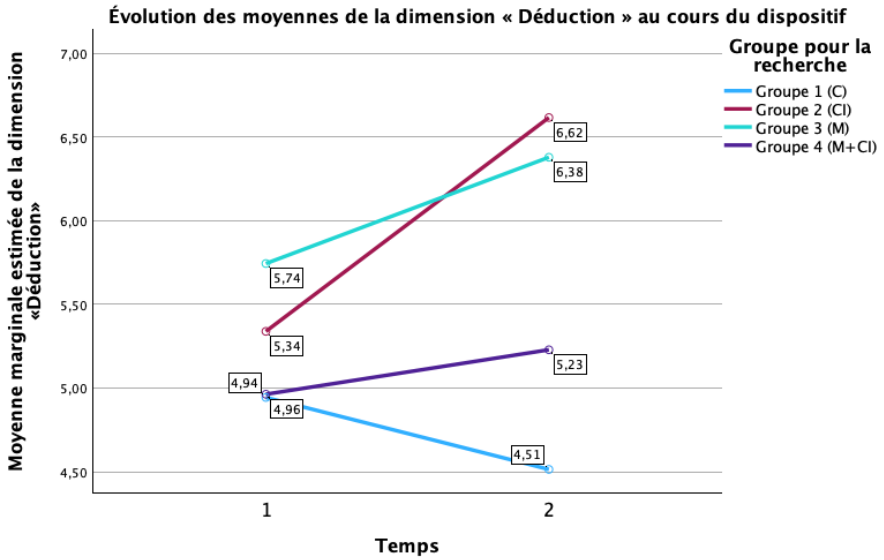
Comparaisons appariées							
Groupe pour la recherche	(I) temps	(J) temps	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.[a]	Intervalle de confiance à 95 % pour la différence[a]	
						Borne inférieure	Borne supérieure
Groupe 1 (C)	1	2	,430	,659	,515	-,868	1,728
Groupe 2 (CI)	1	2	-1,277	,689	,065	-2,633	,080
Groupe 3 (M)	1	2	-,635	,629	,314	-1,873	,604
Groupe 4 (M+CI)	1	2	-,265	,617	,668	-1,481	,950

Basées sur les moyennes marginales estimées
a. Ajustement pour les comparaisons multiples : Bonferroni.

Les données ont été traitées au moyen d'une ANOVA pour plan à mesures répétées. Les conditions de normalité, d'homogénéité des variances et de sphéricité semblent satisfaites. Les résultats ne montrent pas de différence significative des résultats de la dimension « Déduction » entre le prétest et le post-test en fonction des groupes de recherche ($p > 0,05$) (cf. Figure 34). Les comparaisons par paires (utilisant la procédure de Bonferroni) n'indiquent aucune une différence significative entre le prétest et le post-test ($p > 0,05$) pour les quatre groupes de recherche. Nous relevons néanmoins que la différence est proche de la

significativité pour le groupe 2 (p = 0,065). Il n'y a pas de différence significative entre les groupes entre eux au regard de la dimension « Déduction » du CCTT.

Figure 34. Évolution des moyennes de la dimension « Déduction » au cours du dispositif



Dimensions « Observation » et « Crédibilité »

Ces deux dimensions étant évaluées par les mêmes items dans le CCTT et fournissant dès lors les mêmes résultats, nous les analysons en même temps.

Tableau 48. Tests des effets intrasujets - Dimensions « Observation » et « Crédibilité »

Tests des effets intrasujets							
Source		Somme des carrés de Type III	df	Carré moyen	F	Sig.	η^2 partiel
temps	Greenhouse-Geisser	10,191	1,000	10,191	,714	,399	,002
temps * groupe	Greenhouse-Geisser	104,272	3,000	34,757	2,434	,065	,024
Erreur (temps)	Greenhouse-Geisser	4156,141	291,000	14,282			

Tableau 49. Comparaisons appariées - Dimensions « Observation » et « Crédibilité »

Comparaisons appariées au temps 2						
(I) Groupe pour la recherche	(J) Groupe pour la recherche	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.[b]	Intervalle de confiance à 95 % pour la différence[b]	
					Borne inférieure	Borne supérieure
Groupe 1 (C)	Groupe 2 (CI)	-2,211*	,801	,037	-4,339	-,083
	Groupe 3 (M)	-1,802	,765	,115	-3,836	,231
	Groupe 4 (M+CI)	-,944	,759	1,000	-2,959	1,071
Groupe 2 (CI)	Groupe 1 (C)	2,211*	,801	,037	,083	4,339
	Groupe 3 (M)	,409	,784	1,000	-1,673	2,491
	Groupe 4 (M+CI)	1,267	,777	,624	-,797	3,332
Groupe 3 (M)	Groupe 1 (C)	1,802	,765	,115	-,231	3,836
	Groupe 2 (CI)	-,409	,784	1,000	-2,491	1,673
	Groupe 4 (M+CI)	,858	,740	1,000	-1,108	2,825
Groupe 4 (M+CI)	Groupe 1 (C)	,944	,759	1,000	-1,071	2,959
	Groupe 2 (CI)	-1,267	,777	,624	-3,332	,797
	Groupe 3 (M)	-,858	,740	1,000	-2,825	1,108

Basées sur les moyennes marginales estimées
*. La différence moyenne est significative au niveau ,05.
b. Ajustement pour les comparaisons multiples : Bonferroni.

Tableau 50. Comparaisons appariées - Dimensions « Observation » et « Crédibilité »

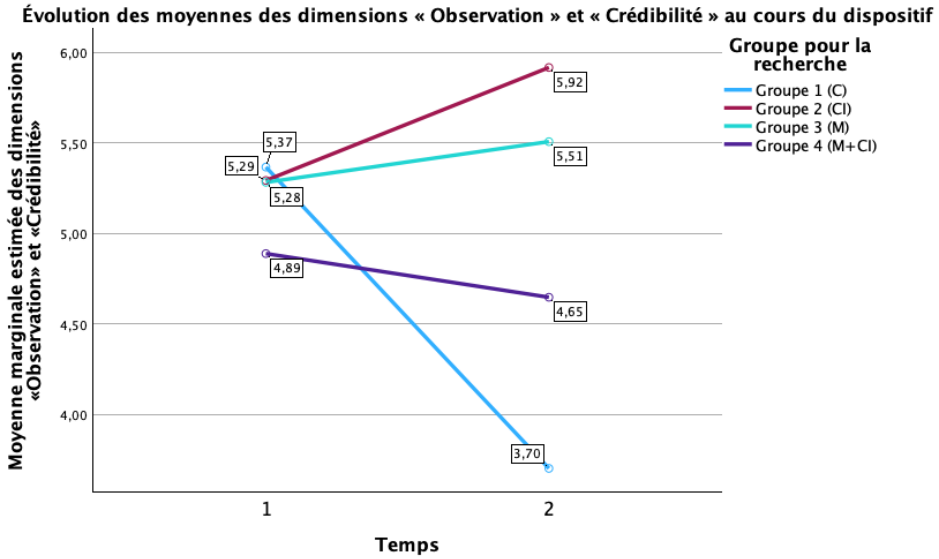
Comparaisons appariées							
Groupe pour la recherche	(I) temps	(J) temps	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.[b]	Intervalle de confiance à 95 % pour la différence[b]	
						Borne inférieure	Borne supérieure
Groupe 1 (C)	1	2	1,662*	,634	,009	,414	2,910
Groupe 2 (CI)	1	2	-,623	,663	,348	-1,928	,682
Groupe 3 (M)	1	2	-,224	,605	,711	-1,415	,967
Groupe 4 (M+CI)	1	2	,241	,594	,685	-,928	1,410

Basées sur les moyennes marginales estimées
*. La différence moyenne est significative au niveau ,05.
b. Ajustement pour les comparaisons multiples : Bonferroni.

Les données ont été traitées au moyen d'une ANOVA pour plan à mesures répétées. Les conditions de normalité, d'homogénéité des variances et de sphéricité semblent satisfaites. Les résultats ne montrent pas une différence significative des résultats des dimensions « Observation » et « Crédibilité » entre le prétest et le post-test en fonction des groupes de recherche ($p = 0,065$). Néanmoins, la p-valeur est proche de la significativité. Si nous considérons un effet significatif des groupes sur l'évolution de ces dimensions, nous

constatons que l'effet est de 0,03 (η^2 partiel), ce qui indique que 3 % des variations du score des dimensions « Observation » et « Crédibilité » entre le prétest et le post-test s'expliquent par le groupe de recherche. Les comparaisons par paires (utilisant la procédure de Bonferroni) indiquent une différence significative entre le prétest et le post-test (p = 0,009) pour le groupe contrôle. Nous observons également une différence significative à ces dimensions en post-test entre le groupe 1 et le groupe 2 (p = 0,037) (cf. Figure 35).

Figure 35. Évolution des moyennes des dimensions « Observation » et « Crédibilité » au cours du dispositif



Dimension « Hypothèse »

Tableau 51. Tests des effets intrasujets - Dimension « Hypothèse »

Tests des effets intrasujets							
Source		Somme des carrés de Type III	df	Carré moyen	F	Sig.	η^2 partiel
temps	Greenhouse-Geisser	14,777	1,000	14,777	3,250	,072	,011
temps * groupe	Greenhouse-Geisser	7,236	3,000	2,412	,531	,662	,005
Erreur (temps)	Greenhouse-Geisser	1323,071	291,000	4,547			

Tableau 52. Comparaisons appariées - Dimension « Hypothèse »

Comparaisons appariées au temps 2						
(I) Groupe pour la recherche	(J) Groupe pour la recherche	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.[a]	Intervalle de confiance à 95 % pour la différence[a]	
					Borne inférieure	Borne supérieure
Groupe 1 (C)	Groupe 2 (CI)	-,386	,483	1,000	-1,668	,896
	Groupe 3 (M)	-,010	,461	1,000	-1,235	1,215
	Groupe 4 (M+CI)	-,488	,457	1,000	-1,702	,726
Groupe 2 (CI)	Groupe 1 (C)	,386	,483	1,000	-,896	1,668
	Groupe 3 (M)	,376	,472	1,000	-,879	1,630
	Groupe 4 (M+CI)	-,102	,468	1,000	-1,345	1,142
Groupe 3 (M)	Groupe 1 (C)	,010	,461	1,000	-1,215	1,235
	Groupe 2 (CI)	-,376	,472	1,000	-1,630	,879
	Groupe 4 (M+CI)	-,477	,446	1,000	-1,662	,707
Groupe 4 (M+CI)	Groupe 1 (C)	,488	,457	1,000	-,726	1,702
	Groupe 2 (CI)	,102	,468	1,000	-1,142	1,345
	Groupe 3 (M)	,477	,446	1,000	-,707	1,662

Basées sur les moyennes marginales estimées
a. Ajustement pour les comparaisons multiples : Bonferroni.

Tableau 53. Comparaisons appariées - Dimension « Hypothèse »

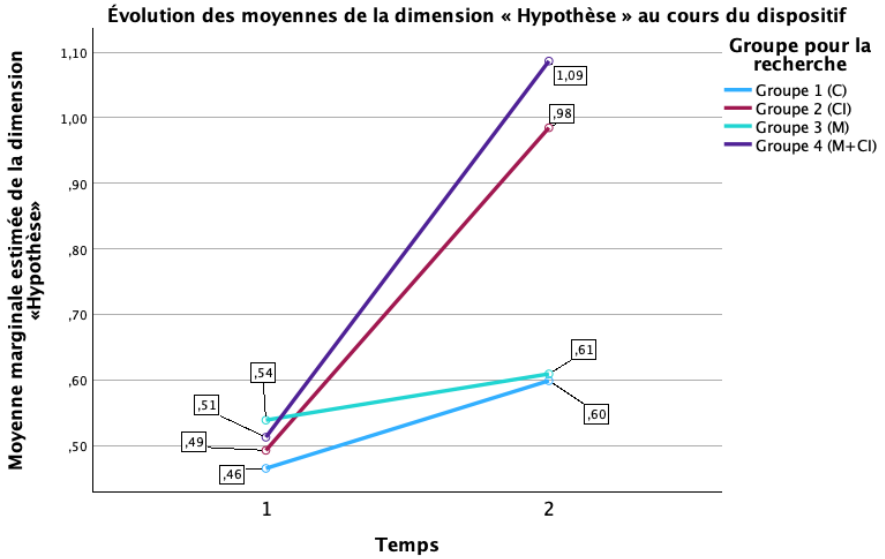
Comparaisons appariées							
Groupe pour la recherche	(I) temps	(J) temps	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.[a]	Intervalle de confiance à 95 % pour la différence[a]	
						Borne inférieure	Borne supérieure
Groupe 1 (C)	1	2	-,134	,358	,709	-,838	,571
Groupe 2 (CI)	1	2	-,492	,374	,189	-1,228	,244
Groupe 3 (M)	1	2	-,071	,341	,837	-,743	,601
Groupe 4 (M+CI)	1	2	-,574	,335	,088	-1,234	,085

Basées sur les moyennes marginales estimées
a. Ajustement pour les comparaisons multiples : Bonferroni.

Les données ont été traitées au moyen d'une ANOVA pour plan à mesures répétées. Les conditions de normalité, d'homogénéité des variances et de sphéricité semblent satisfaites. Les résultats ne montrent pas de différence significative des résultats de la dimension « Hypothèse » entre le prétest et le post-test en fonction des groupes de recherche ($p > 0,05$). Seul un effet du temps est pratiquement significatif (0,07) (cf. Figure 36). Les comparaisons par paires (utilisant la procédure de Bonferroni) n'indiquent pas de différence significative entre le prétest et le post-test ($p > 0,05$) pour les groupes de recherche. L'évolution des scores du groupe 4 (M+CI) est proche de la significativité ($p = 0,088$). Nous n'observons aucune

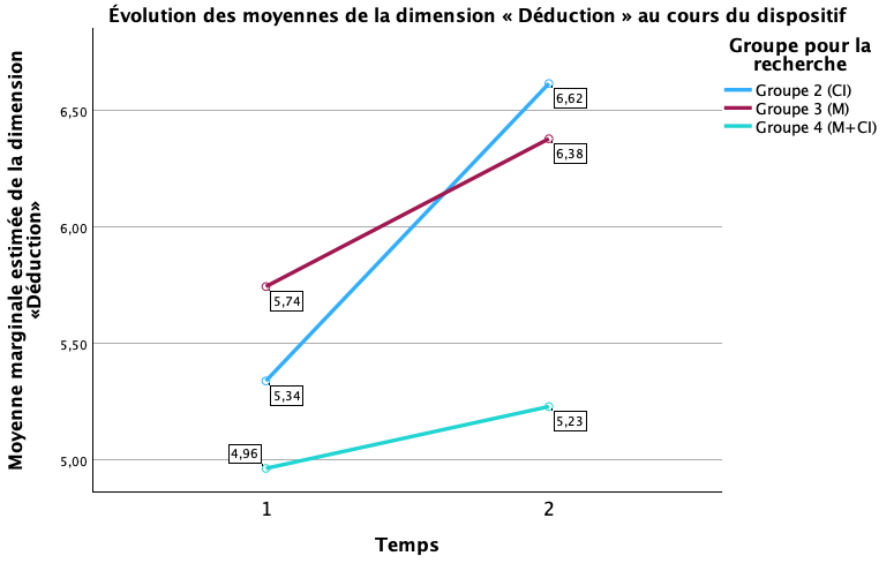
différence significative pour la dimension « Hypothèse » en post-test entre les différents groupes de recherche.

Figure 36. Évolution des moyennes de la dimension « Hypothèse » au cours du dispositif



Afin de compléter l'analyse déjà détaillée, une seconde ANOVA à mesures répétées est réalisée en ne sélectionnant que les groupes de recherche 2 (CI), 3 (M) et 4 (M+CI), comme cela a été réalisé pour l'analyse globale de l'évolution du CCTT. En effet, au regard de l'analyse globale, nous constatons que les différences principales se situent entre le groupe 1 (C) et les groupes 2 (CI), 3 (M) et 4 (M+CI). Avec cette seconde analyse, nous nous centrons sur les différences entre les groupes ayant vécu des dispositifs spécifiques et un résultat complémentaire est relevé. Parmi les cinq dimensions évaluées (induction, déduction, observation, crédibilité et hypothèses), seule la dimension de déduction présente une évolution statistiquement significative entre le prétest et le post-test ($F(1, 221) = 4{,}21$, $p = 0{,}041$, η^2 partiel $= 0{,}019$). Cette évolution positive, bien que faible, traduit une légère amélioration de la dimension de déduction chez l'ensemble des élèves au cours du temps, indépendamment du groupe de recherche (cf. Figure 37). Aucune évolution statistiquement significative est relevée en lien avec le groupe de recherche. Les autres dimensions demeurent stables au fil du temps, elles n'ont pas significativement varié entre le prétest et le post-test ni entre les groupes.

Figure 37. Évolution des moyennes de la dimension « Déduction » au cours du dispositif pour les groupes 2, 3 et 4



Au-delà des quatre groupes de recherche, nous établissons des sous-groupes de recherche et nous relevons les évolutions significatives des résultats pour ceux-ci.

Au regard des résultats du test t pour échantillons appariés (cf. Annexe 11), nous pouvons rejeter l'hypothèse nulle et accepter l'hypothèse alternative spécifiant qu'il existe une différence significative entre les valeurs des deux moyennes dans la population pour les sous-groupes suivants.

Dans le groupe contrôle, dans le sous-groupe du genre, les filles présentent une différence significative entre les valeurs moyennes de la dimension d'observation et la dimension de crédibilité entre le pré- et le post test. La taille de l'effet mesuré (η^2 partiel) est de 0,15, soit un effet de grande taille.

Dans le groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe du genre, les garçons présentent une différence significative entre les valeurs moyennes de la dimension d'observation et de crédibilité (η^2 partiel = 0,08, soit un effet de taille moyenne) entre le pré- et le post test.

À la suite de l'application de test de Wilcoxon (cf. Annexe 11), nous relevons les différences significatives suivantes.

Dans le groupe contrôle, dans le sous-groupe des élèves ayant l'option sciences de base, nous observons que la médiane des résultats de la dimension « induction » au prétest est supérieure à la médiane des résultats au post-test. Le test de Wilcoxon montre que les scores au post-test sont significativement plus faibles (Z = -3,16, p = 0,002). Les élèves de ce groupe ont donc globalement moins bien réussi la dimension « induction » au post-test qu'au prétest.

Dans le groupe contrôle, dans le sous-groupe des élèves ayant l'option sciences de base, nous observons que la médiane des résultats de la dimension « observation » et de la dimension« crédibilité » au prétest est supérieure à la médiane des résultats au post-test. Le test de Wilcoxon montre que les scores au post-test sont significativement plus faibles ($Z = - 3,90$, $p < 0,001$). Les élèves de ce groupe ont donc globalement moins bien réussi les dimensions « observation » et « crédibilité » au post-test qu'au prétest.

Dans le groupe contrôle, dans le sous-groupe des élèves performant initialement le moins bien au CCTT, les médianes au CCTT, à la dimension « induction » et à la dimension « déduction » dans les conditions de post-test sont supérieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement plus élevés pour la dimension « induction » ($Z = -2,10$, $p = 0,036$) et la dimension « déduction » ($Z = -2,45$, $p = 0,014$). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de meilleurs résultats pour ces variables en vivant le dispositif de base du cours de sciences fondé sur la didactique des sciences et la démarche d'investigation. Nous émettons l'hypothèse que ces élèves avaient des résultats très faibles en début de dispositif et que l'évolution normale durant une année scolaire leur a permis d'améliorer leurs résultats.

Dans le groupe contrôle, dans le sous-groupe des élèves performant initialement dans la moyenne au CCTT, nous observons que les médianes à la dimension « induction », à la dimension « observation » et à la dimension « crédibilité » dans les conditions de post-test sont inférieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement moins élevés pour la dimension « induction » ($Z = -3,25$, $p = 0,001$), la dimension « observation » ($Z = -3,5$, $p < 0,001$) et la dimension « crédibilité » ($Z = -3,5$, $p < 0,001$). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de moins bons résultats pour ces variables en vivant le dispositif de base du cours de sciences fondé sur la didactique des sciences et la démarche d'investigation.

Dans le groupe contrôle, dans le sous-groupe des élèves performant initialement le mieux au CCTT, nous observons que la médiane à la dimension « induction » dans les conditions de post-test sont inférieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement moins élevés pour la dimension « induction » ($Z = -2,57$, $p = 0,01$). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de moins bons résultats pour ces variables en vivant le dispositif de base du cours de sciences fondé sur la didactique des sciences et la démarche d'investigation.

Dans le groupe contrôle, dans le sous-groupe des élèves performant dans la moyenne au CE1D de sciences, les médianes à la dimension « induction », à la dimension « observation » et à la dimension « crédibilité » dans les conditions de post-test sont inférieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement moins élevés pour la dimension « induction » ($Z = -3,39$, $p < 0,001$), la dimension « observation » ($Z = -1,96$, $p = 0,049$) et la dimension « crédibilité » ($Z = -1,96$, $p = 0,049$). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de moins bons résultats pour ces variables en vivant le dispositif de base du cours de sciences fondé sur la didactique des sciences et la démarche d'investigation.

Dans le groupe vivant uniquement l'entrainement du contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe des garçons, l'évolution positive est significative pour la dimension de déduction ($Z = -2,28$, $p = 0,012$) et la dimension « hypothèse » ($Z = -1,87$, $p = 0,031$).

Dans le groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe des élèves ayant l'option sciences de base, nous observons que la médiane des résultats de la dimension « déduction » au prétest est inférieure à la médiane des résultats au post-test. Le test de Wilcoxon montre que les scores au post-test sont significativement plus élevés ($Z = -2,06$, $p = 0,039$). Les élèves de ce groupe ont donc globalement mieux réussi la dimension « déduction » au post-test qu'au prétest.

Dans le groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe des élèves performant initialement le mieux au CCTT, la médiane à la dimension « hypothèse » dans les conditions de post-test est supérieure à celle des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que le score en post-test est significativement plus élevé pour la dimension « hypothèse » ($Z = -2,21$, $p = 0,027$). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de meilleurs résultats à la dimension « hypothèse » en vivant le dispositif spécifique de ce groupe. Ainsi, pour les élèves performant le mieux, l'entrainement du contrôle inhibiteur tout au long de l'année a fait évoluer positivement leur contrôle inhibiteur mais de façon non significative. Cependant, cet entrainement du contrôle inhibiteur leur a permis de faire évoluer positivement la dimension « hypothèse » au CCTT.

Dans le groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe des élèves performant initialement le moins bien au CCTT, les médianes au CCTT, à la dimension « induction » et à la dimension « déduction » dans les conditions de post-test sont supérieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement plus élevés pour la dimension « induction » ($Z = -2,71$, $p = 0,007$) et la dimension « déduction » ($Z = -2,45$, $p = 0,14$). Comme précédemment, nous émettons l'hypothèse que ces élèves avaient des résultats très faibles en début de dispositif et que l'évolution normale durant une année scolaire leur a permis d'améliorer leurs résultats. Nous émettons également l'hypothèse que le dispositif vécu a favorisé le développement de ces compétences et de leur pensée critique.

Dans le groupe vivant uniquement les pauses métacognitives, pour les élèves suivant le cours de sciences générales, le résultat à la dimension « déduction » a augmenté entre le prétest et le post-test (passant de 4,85 à 6,74). Le test de Student montre que cette différence est significative et peut donc être généralisée, puisque $t(40) = -1,87$ ($p = 0,035$).

Dans le groupe vivant uniquement les pauses métacognitives, dans le sous-groupe des élèves performant initialement le moins bien au CCTT, les médianes à la dimension « induction », à la dimension « déduction », à la dimension « observation » et à la dimension « crédibilité » dans les conditions de post-test sont supérieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement plus élevés pour la dimension « induction » ($Z = -2,60$, $p = 0,009$), la dimension « déduction » ($Z = -2,76$, $p = 0,006$), la dimension « observation » ($Z = -2,19$,

p = 0,028) et la dimension « crédibilité » (Z = -2,19, p = 0,028). Comme précédemment, nous émettons l'hypothèse que ces élèves avaient des résultats très faibles en début de dispositif et que l'évolution normale durant une année scolaire leur a permis d'améliorer leurs résultats. Nous émettons également l'hypothèse que le dispositif vécu a favorisé le développement de ces compétences. De plus, nous relevons que plus de variables se sont améliorées dans les conditions spécifiques de ce groupe. La réalisation de pauses métacognitives semble particulièrement propice aux élèves performant le moins bien au CCTT au prétest.

Dans le groupe vivant uniquement les pauses métacognitives, dans le sous-groupe des élèves performant initialement le mieux au CCTT, les médianes à la dimension « induction », à la dimension « observation » et à la dimension « crédibilité » dans les conditions de post-test sont inférieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement moins élevés pour la dimension « induction » (Z = -2,74, p = 0,006), la dimension « observation » (Z = -2,70, p = 0,007) et la dimension « crédibilité » (Z = -2,70, p = 0,007). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de moins bons résultats pour ces variables en vivant le dispositif spécifique des pauses métacognitives uniquement.

Dans le groupe de recherche vivant uniquement les pauses métacognitives, dans le sous-groupe des élèves performant dans la moyenne au CE1D de sciences, nous observons que la moyenne à la dimension « induction » est passé de 11,63 à 10,18. Le test de Student montre que cette différence est significative et peut donc être généralisée, puisque t(47) = 1,68 (p = 0,05). Nous observons également que la moyenne au test de Stroop au prétest (0,84) a augmenté au post-test (1,04). Le test de Student montre que cette différence est significative et peut donc être généralisée, puisque t(43) = -4,18 (p < 0,001).

Dans le groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur, pour les élèves suivant le cours de sciences générales, le résultat à la dimension « induction » a augmenté entre le prétest et le post-test (passant 10,5 à 11,71). Le test de Student montre que cette différence est significative et peut donc être généralisée, puisque t(57) = -1,77 (p = 0,041).

Dans le groupe vivant des pauses métacognitives et un entrainement au contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe des élèves ayant l'option sciences de base, nous observons que la médiane des résultats de la dimension « observation » et de la dimension « crédibilité » au prétest est supérieure à la médiane des résultats au post-test. Le test de Wilcoxon montre que les scores au post-test sont significativement plus faibles (Z = -1,97, p < 0,049). Les élèves de ce groupe ont donc globalement moins bien réussi les dimensions « observation » et « crédibilité » au post-test qu'au prétest.

Dans le groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe des élèves performant initialement le moins bien au CCTT, les médianes à la dimension « induction » dans les conditions de post-test sont supérieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement plus élevés pour la dimension « induction » (Z = -2,18,

p = 0,029). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de meilleurs résultats pour ces variables en vivant le dispositif spécifique des pauses métacognitives et d'un entrainement au contrôle inhibiteur. Le dispositif leur est profitable mais pas autant que s'ils n'avaient vécu que des pauses métacognitives. Les progressions ne sont pas significatives pour les élèves de ce groupe performant le mieux.

Dans le groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe des élèves performant le moins bien au CE1D de sciences, les médianes à la dimension « observation » et à la dimension « crédibilité » dans les conditions de post-test sont inférieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement moins élevés pour la dimension « observation » (Z = -2,77, p = 0,006) et la dimension « crédibilité » (Z = -2,77, p = 0,006). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de moins bons résultats pour ces variables en vivant le dispositif de base du cours de sciences fondé sur la didactique des sciences et la démarche d'investigation enrichi de pauses métacognitives et d'un entrainement hebdomadaire du contrôle inhibiteur.

L'essentiel à retenir

La dimension « Induction » est la seule à évoluer significativement en fonction du dispositif au cours du temps. Elle augmente pour les groupes 2 (CI), 3 (M) et 4 (M+CI). Elle diminue pour le groupe 1 (C). Les dimensions « Déduction », « Observation » et « Crédibilité » montrent des tendances significatives ou proches de la significativité, principalement à l'avantage du groupe 2 (CI). La dimension « Hypothèse » n'évolue pas significativement. Les élèves initialement moins performants au CCTT bénéficient le plus des dispositifs didactiques, particulièrement celui centré sur les pauses métacognitives. Les élèves performants initialement dans la moyenne ou de façon supérieure peuvent voir leurs performances diminuer. La combinaison des dispositifs du contrôle inhibiteur et des pauses métacognitives (groupe 4(M+CI)) ne produit pas d'effet cumulatif évident et peut s'avérer moins efficace que les dispositifs pris isolément.

5.3.2.5. Évolution du contrôle inhibiteur (Test de Stroop)

Nous entamons à présent la dernière analyse des résultats portant sur l'évolution du contrôle inhibiteur mesuré à l'aide du test de Stroop.

Tableau 54. Tests des effets intrasujets - Test de Stroop

Tests des effets intrasujets							
Source		Somme des carrés de Type III	df	Carré moyen	F	Sig.	η^2 partiel
temps	Greenhouse-Geisser	2,996	1,000	2,996	42,042	<,001	,169
temps * groupe	Greenhouse-Geisser	,137	3,000	,046	,641	,590	,009
Erreur (temps)	Greenhouse-Geisser	14,750	207,000	,071			

Tableau 55. Comparaisons appariées - Test de Stroop

Comparaisons appariées au temps 2						
(I) Groupe pour la recherche	(J) Groupe pour la recherche	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.[a]	Intervalle de confiance à 95 % pour la différence[a]	
					Borne inférieure	Borne supérieure
Groupe 1 (C)	Groupe 2 (CI)	-,024	,065	1,000	-,197	,150
	Groupe 3 (M)	,011	,060	1,000	-,149	,171
	Groupe 4 (M+CI)	,024	,060	1,000	-,135	,183
Groupe 2 (CI)	Groupe 1 (C)	,024	,065	1,000	-,150	,197
	Groupe 3 (M)	,034	,051	1,000	-,102	,170
	Groupe 4 (M+CI)	,048	,051	1,000	-,087	,183
Groupe 3 (M)	Groupe 1 (C)	-,011	,060	1,000	-,171	,149
	Groupe 2 (CI)	-,034	,051	1,000	-,170	,102
	Groupe 4 (M+CI)	,014	,044	1,000	-,103	,130
Groupe 4 (M+CI)	Groupe 1 (C)	-,024	,060	1,000	-,183	,135
	Groupe 2 (CI)	-,048	,051	1,000	-,183	,087
	Groupe 3 (M)	-,014	,044	1,000	-,130	,103

Basées sur les moyennes marginales estimées
a. Ajustement pour les comparaisons multiples : Bonferroni.

Tableau 56. Comparaisons appariées - Test de Stroop

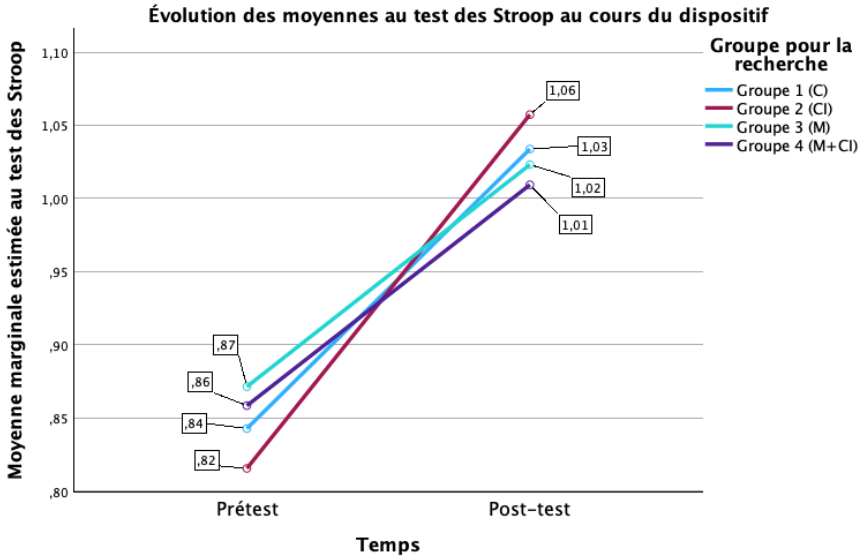
Comparaisons appariées							
Groupe pour la recherche	(I) temps	(J) temps	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.[b]	Intervalle de confiance à 95 % pour la différence[b]	
						Borne inférieure	Borne supérieure
Groupe 1 (C)	1	2	-,191*	,074	,011	-,337	-,045
Groupe 2 (CI)	1	2	-,242*	,058	<,001	-,357	-,127
Groupe 3 (M)	1	2	-,152*	,045	<,001	-,241	-,063
Groupe 4 (M+CI)	1	2	-,151*	,044	<,001	-,238	-,064

Basées sur les moyennes marginales estimées
*. La différence moyenne est significative au niveau ,05.
b. Ajustement pour les comparaisons multiples : Bonferroni.

Les données ont été traitées au moyen d'une ANOVA pour plan à mesures répétées. Les conditions de normalité, d'homogénéité des variances et de sphéricité semblent satisfaites. Les résultats montrent une différence significative des résultats au test de Stroop entre le prétest et le post-test ($F(1 ; 207) = 42{,}04$, $p < 0{,}001$). Globalement, l'effet est de 0,17 (η^2 partiel), ce qui indique que 17 % des variations du score au test de Stroop entre le prétest et le post-test s'expliquent par l'évolution naturelle due au temps pendant lequel les élèves grandissent et apprennent. Les comparaisons par paires (utilisant la procédure de Bonferroni)

indiquent une différence significative entre le prétest et le post-test ($p < 0,05$) pour les quatre groupes de recherche. Nous n'observons aucune différence significative au test de Stroop en post-test entre les groupes de recherche. Le groupe de recherche, et donc le dispositif suivi, ne semblent pas influencer l'évolution du contrôle inhibiteur.

Figure 38. Évolution des moyennes au test des Stroop au cours du dispositif en fonction des groupes de recherche



Pour poursuivre cette première analyse, nous observons que cette évolution du contrôle inhibiteur se reflète au niveau global de l'échantillon. Il existe une évolution significative des résultats au test de Stroop entre le prétest et le post-test, les graphiques présentés aux figure 38 et figure 39 nous permettent de constater une augmentation importante des moyennes. La significativité de cette augmentation est confirmée par un test t pour échantillons appariés. Nous relevons également que l'écart type a diminué entre le pré- et le post-test (cf. Tableau 57), révélateur d'une plus petite dispersion des résultats.

Figure 39. Graphique de l'évolution des moyennes des résultats au test de Stroop

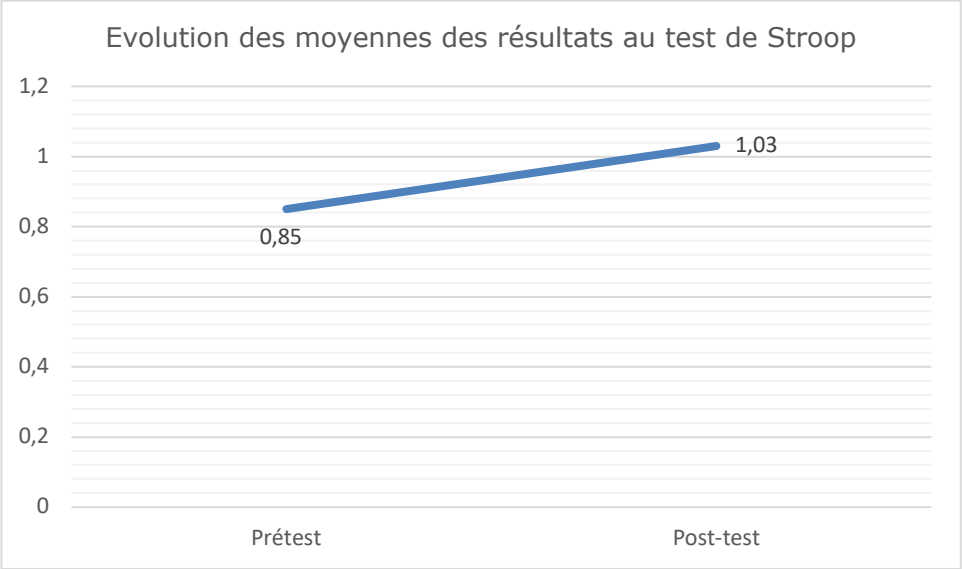


Tableau 57. Comparaison des moyennes au test de Stroop en pré- et post-test

Statistiques des échantillons appariés				
	Moyenne	N	Écart type	Moyenne d'erreur standard
RCS au test de Stroop au temps 1	,8523	211	,26708	,01839
RCS au test de Stroop au temps 2	1,0265	211	,26007	,01790

Tableau 58. Test t des échantillons appariés

Test des échantillons appariés									
	Différences appariées					t	df	Signification	
	Moyenne	Écart type	Moyenne d'erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %				p unilatéral	p bilatéral
				Inférieur	Supérieur				
RCS au test de Stroop au temps 1 – RCS au test de Stroop au temps 2	-,17420	,37654	,02592	-,22530	-,12310	-6,720	210	<,001	<,001

En observant le tableau du test t des échantillons appariés (cf. Tableau 58), nous notons que le test est significatif ($p < 0,001$). Ainsi, nous pouvons conclure qu'il existe une différence significative entre les résultats du test de Stroop au prétest et au post-test pour l'échantillon global. Cette analyse est intéressante, car nous pouvons en conclure que globalement la mesure du contrôle inhibiteur a évolué positivement et de façon significative.

En accord avec les résultats de l'ANOVA à mesures répétées réalisées pour les quatre groupes de recherche, les tests de comparaison des moyennes réalisés pour chaque groupe individuellement fournissent des résultats similaires.

Dans le groupe contrôle, le résultat au test de Stroop a augmenté entre le prétest et le post-test. Vu la taille de l'échantillon, il est préférable d'utiliser la médiane et de tester la différence entre les conditions par un test de Wilcoxon pour échantillons pairés. Nous observons que la médiane dans la condition en post-test est supérieure à celle de la condition en prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les résultats au post-test sont significativement plus élevés ($Z = -1,99$, $p = 0,46$ en bilatéral).

Dans le groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur, le résultat au test de Stroop a augmenté entre le prétest et le post-test. Le test de Student montre que cette différence est significative et peut donc être généralisée, puisque $t(41) = -4,39$ ($p < 0,001$).

Dans le groupe vivant uniquement les pauses métacognitives, le résultat au test de Stroop a augmenté entre le prétest et le post-test. Le test de Student montre que cette différence est significative et peut donc être généralisée, puisque $t(69) = -3,64$ ($p < 0,001$).

Dans le groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement au contrôle inhibiteur, le résultat au test de Stroop a augmenté entre le prétest et le post-test. Le test de Student montre que cette différence est significative et peut donc être généralisée, puisque $t(72) = - 3,21$ ($p < 0,001$).

Au regard des résultats du test t pour échantillons appariés (cf. Annexe 11), nous pouvons rejeter l'hypothèse nulle et accepté l'hypothèse alternative spécifiant qu'il existe une différence significative entre les valeurs des deux moyennes dans la population pour les sous-groupes suivants. À la suite de l'application de test de Wilcoxon (cf. Annexe 11), nous relevons les différences significatives suivantes.

Dans le groupe contrôle, dans le sous-groupe du genre, les garçons présentent une différence significative entre les valeurs moyennes au test de Stroop entre le pré- et le post test ($Z = -1,8$, $p = 0,036$). La taille de l'effet (η^2 partiel) est de 0,28, soit un effet de grande taille.

Dans le groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe du genre, les filles présentent une différence significative entre les valeurs moyennes au test de Stroop entre le pré- et le post test ($Z = -2,62$, $p = 0,009$). La taille de l'effet (η^2 partiel) est de 0,26, soit un effet de grande taille. Pour les garçons, nous observons une évolution positive au test de Stroop ($Z = -2,61$, $p = 0,009$).

Dans le groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe des élèves ayant l'option sciences de base, nous observons que la médiane des résultats au test de Stroop au prétest est inférieure à la médiane des résultats au post-test. Le test de Wilcoxon montre que les scores au post-test sont significativement plus élevés ($Z = - 2,98$, $p = 0,003$). Les élèves de ce groupe ont donc globalement mieux réussi le test de Stroop au post-test qu'au prétest.

Dans le groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe des élèves ayant l'option sciences générales, nous observons que la médiane des résultats au test de Stroop au prétest est inférieure à la médiane des résultats au post-test. Le test de Wilcoxon montre que les scores au post-test sont significativement plus élevés ($Z = - 2,43$, $p = 0,015$). Les élèves de ce groupe ont donc globalement mieux réussi le test de Stroop au post-test qu'au prétest.

Dans le groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe des élèves performant initialement dans la moyenne au CCTT, la médiane au test de Stroop dans les conditions de post-test est supérieure à celle des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que le score en post-test est significativement plus élevé pour le test de Stroop ($Z = -3,21$, $p = 0,001$). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de meilleurs résultats au test de Stroop en vivant le dispositif spécifique de ce groupe.

Dans le groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe des élèves performant dans la moyenne au CE1D de sciences, nous observons que la médiane au test de Stroop dans les conditions de post-test sont supérieures à celles des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement plus élevés pour le test de Stroop ($Z = -2,96$, $p = 0,003$). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de meilleurs résultats pour cette variable en vivant le dispositif de base du cours de sciences fondé sur la didactique des sciences et la démarche d'investigation enrichi d'un entrainement hebdomadaire du contrôle inhibiteur grâce à la réalisation de différentes variantes du test de Stroop.

Dans le groupe vivant uniquement les pauses métacognitives, dans le sous-groupe des garçons, l'évolution positive des résultats au test de Stroop est significative ($Z = -4,31$, $p < 0,001$).

Dans le groupe vivant uniquement les pauses métacognitives, pour les élèves suivant le cours de sciences de base, le résultat au test de Stroop a augmenté entre le prétest et le post-test (passant de 0,88 à 1,03). Le test de Student montre que cette différence est significative et peut donc être généralisée, puisque $t(31) = -2,12$ ($p = 0,021$).

Dans le groupe vivant uniquement les pauses métacognitives, pour les élèves suivant le cours de sciences générales, le résultat au test de Stroop a augmenté entre le prétest et le post-test (passant de 0,86 à 1,02). Le test de Student montre que cette différence est significative et peut donc être généralisée, puisque $t(37) = -3,07$ ($p = 0,002$).

Dans le groupe de recherche vivant uniquement les pauses métacognitives, dans le sous-groupe des élèves performant initialement dans la moyenne au CCTT, nous observons que la moyenne au test de Stroop au prétest (0,86) a augmenté au post-test (0,99). Le test de Student montre que cette différence est significative et peut donc être généralisée, puisque $t(47) = -2,73$ ($p = 0,009$).

Dans le groupe vivant uniquement les pauses métacognitives, dans le sous-groupe des élèves performant initialement le moins bien au CCTT, nous observons que la médiane au test de Stroop dans les conditions de post-test sont supérieures à celle des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement plus élevés pour le test de Stroop ($Z = -2,20$, $p = 0,028$). Comme précédemment, nous émettons l'hypothèse que ces élèves avaient des résultats très faibles en début de dispositif et que l'évolution normale durant une année scolaire leur a permis d'améliorer leurs résultats. Nous émettons également l'hypothèse que le dispositif vécu a favorisé le développement de ces compétences et de leur pensée critique. De plus, nous relevons que plus de variables se sont améliorées dans les conditions spécifiques de ce groupe. La réalisation de pauses métacognitives semble particulièrement propice aux élèves performant le moins bien au CCTT au prétest.

Dans le groupe vivant uniquement les pauses métacognitives, dans le sous-groupe des élèves performant le moins bien au CE1D de sciences, nous observons que la médiane au test de Stroop dans les conditions de post-test est supérieure à celle des conditions de prétest sur notre échantillon. Le test de Wilcoxon montre que les scores en post-test sont significativement plus élevés pour le test de Stroop ($Z = -2,09$, $p = 0,037$). Les élèves de ce sous-groupe obtiennent dès lors de meilleurs résultats pour cette variable en vivant le dispositif de base du cours de sciences fondé sur la didactique des sciences et la démarche d'investigation enrichi de pauses métacognitives intégrées aux différentes démarches d'investigation vécues.

Dans le groupe de recherche vivant uniquement les pauses métacognitives, dans le sous-groupe des élèves performant dans la moyenne au CE1D de sciences, nous observons que la moyenne au test de Stroop au prétest (0,84) a augmenté au post-test (1,04). Le test de Student montre que cette différence est significative et peut donc être généralisée, puisque $t(43) = -4,18$ ($p < 0,001$).

Dans le groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement au contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe du genre, les filles présentent une différence significative entre les valeurs moyennes au test de Stroop entre le pré- et le post test. La taille de l'effet (η^2 partiel) est de 0,13, soit un effet de grande taille.

Dans le groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement au contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe du genre, les garçons présentent une différence significative entre les valeurs moyennes au test de Stroop (η^2 partiel = 0,12, soit un effet de taille moyenne à grande) entre le pré- et le post test.

Dans le groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur, pour les élèves suivant le cours de sciences générales, le résultat au test de Stroop a augmenté

entre le prétest et le post-test (passant de 0,81 à 1,02). Le test de Student montre que cette différence est significative et peut donc être généralisée, puisque $t(52) = -3,93$ ($p < 0,001$).

Dans le groupe de recherche vivant les pauses métacognitives et l'entrainement au contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe des élèves performant initialement dans la moyenne au CCTT, nous observons que la moyenne au test de Stroop au prétest (0,88) a augmenté au post-test (1,02). Le test de Student montre que cette différence est significative et peut donc être généralisée, puisque $t(50) = -2,97$ ($p = 0,005$).

Dans le groupe de recherche vivant les pauses métacognitives et l'entrainement au contrôle inhibiteur, dans le sous-groupe des élèves performant dans la moyenne au CE1D de sciences, nous observons que la moyenne au test de Stroop au prétest (0,84) a augmenté au post-test (1,03). Le test de Student montre que cette différence est significative et peut donc être généralisée, puisque $t(50) = -3,45$ ($p < 0,001$).

L'essentiel à retenir

Le contrôle inhibiteur mesuré à l'aide du test de Stroop s'améliore significativement chez tous les élèves, indépendamment du groupe. Aucune différence entre les dispositifs pédagogiques n'est observée au niveau global. Les élèves initialement faibles ou moyens, ainsi que ceux des options scientifiques, bénéficient particulièrement de cette évolution. Des effets différenciés selon le genre apparaissent selon les groupes, avec un effet fort chez les garçons vivant uniquement des pauses métacognitives et chez les filles vivant uniquement un entrainement du contrôle inhibiteur. Les résultats suggèrent que le développement du contrôle inhibiteur peut être soutenu par des interventions ciblées, mais qu'il s'inscrit aussi dans une trajectoire développementale naturelle pendant l'année scolaire.

5.3.2.6. Synthèse des évolutions observées

L'analyse des évolutions entre le prétest et le post-test met en évidence des effets différenciés en fonction des groupes expérimentaux, des sous-groupes de genre, des options scientifiques et du niveau de performance initial (au CE1D de sciences ou au CCTT). Cette synthèse présente les résultats de manière structurée par groupe de recherche.

Le groupe contrôle, n'ayant bénéficié d'aucune intervention spécifique, présente une diminution globale significative de la pensée critique mesurée par le CCTT ($t(70) = 2,84$, $p = 0,006$). Cette diminution globale du CCTT est également observée chez les élèves suivant le cours de sciences de base ($Z = -3,91$, $p < 0,001$, $r = 0,97$). Plus précisément, des diminutions significatives sont observées pour la sous-compétence « Induction » ($t(70) = 2,75$, $p = 0,008$), la sous-compétence « Observation » ($t(70) = 2,79$, $p = 0,007$) et la sous-compétence « Crédibilité » ($t(70) = 2,79$, $p = 0,007$). Ces diminutions des sous-compétences « observation » et « crédibilité sont également observées chez les filles ($t = 2,32$, $p = 0,014$, $\eta^2 = 0,15$). Nous observons également cette régression des sous-compétences du CCTT chez les élèves performant dans la moyenne. Nous notons néanmoins que pour les élèves les plus faibles au CCTT initialement, une progression significative est constatée, suggérant un effet du suivi classique du cours de sciences. Enfin, nous observons

une augmentation significative ($Z = -1,99$, $p = 0,46$) au test de Stroop, indiquant une progression du contrôle inhibiteur malgré l'absence d'intervention. Cette progression est également observée chez les garçons ($Z = -1,804$, $p = 0,0355$, $r = 0,52$).

Dans le groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur, cet entrainement a produit des effets positifs sur le contrôle inhibiteur mais également sur certaines sous-compétences de la pensée critique évaluées dans le CCTT. Globalement, les élèves de ce groupe de recherche ont vu une progression significative de leurs résultats au test de Stroop ($t(41) = -4,39$, $p < 0,001$), que ce soit les filles ($Z = -2,619$, $p = 0,0045$, $r = 0,7$) ou les garçons ($Z = -2,613$, $p = 0,0045$, $r = 0,67$), les élèves de sciences de base ($Z = -2,98$, $p = 0,003$, $r = 0,68$) ou de sciences générales ($Z = -2,43$, $p = 0,015$, $r = 0,51$). Nous relevons également une progression significative de la sous-compétence de déduction ($t(64) = -2,31$, $p = 0,012$) ; observée également chez les garçons ($Z = -2,280$, $p = 0,0115$, $r = 0,59$) et les élèves en sciences de base ($Z = -2,09$, $p = 0,039$, $r = 0,48$). Nous notons enfin que ce dispositif a été particulièrement bénéfiques pour les élèves performant le moins bien en soulignant pour ces derniers une forte progression en CCTT, à la sous-compétence « Induction », à la sous-compétence « Déduction » et au test de Stroop.

Dans le groupe d'élèves vivant uniquement les pauses métacognitives, nous observons une amélioration significative au test de Stroop ($t(69) = -3,64$, $p < 0,001$). Cette progression est également observée dans le sous-groupe des garçons ($Z = -4,314$, $p < 0,001$, $r = 0,8$), de l'option « sciences de base » ($t = 2,12$, $p = 0,04$, $\eta^2 = 0,13$) et de l'option « sciences générales » ($t = 3,07$, $p = 0,004$, $\eta^2 = 0,2$). Dans ce groupe vivant des pauses métacognitives, nous notons également une progression de la sous-compétence de déduction pour les élèves suivant l'option « sciences générales ». Nous relevons que les élèves performant le moins bien voient une forte amélioration du CCTT et des sous-compétences pensée critique y étant liées. Enfin, notons que pour les élèves performant le mieux, une régression significative au CCTT est observée laissant présager que le dispositif ne leur a pas permis de poursuivre leur progression.

Enfin, dans le groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement au contrôle inhibiteur, les résultats au test de Stroop progressent ($t(72) = -3,21$, $p < 0,001$). Cette observation est aussi faite chez les filles ($t = 2,35$, $p = 0,012$, $\eta^2 = 0,13$) et les garçons ($t = 2,16$, $p = 0,019$, $\eta^2 = 0,12$), dans l'option « sciences générales » ($t = 3,93$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,23$) et pour les élèves performant le moins bien. Nous observons des effets variables sur les sous-compétences de la pensée critique évaluées au CCTT. Dans le sous-groupe des garçons, nous observons une progression de la sous-compétence « Hypothèse » ($t = 1,73$, $p = 0,046$, $\eta^2 = 0,08$) ; dans le sous-groupe des élèves en sciences générales, la sous-compétence « induction » progresse. À l'inverse, en sciences de base, les sous-compétences « observation » et « crédibilité » régressent. Enfin, dans le sous-groupe des élèves performant le moins bien, nous constatons une progression du CCTT ($Z = -2,87$, $p = 0,004$, $r = 0,83$).

En conclusion, nous notons que le dispositif a été bénéfique pour les élèves. En absence de dispositif, des régressions sont observées ou des progressions inférieures aux autres groupes. L'entrainement au contrôle inhibiteur semble particulièrement efficace chez les

garçons et pour les élèves suivant l'option « sciences de base ». Les pauses métacognitives favorisent globalement l'amélioration du contrôle inhibiteur mais également une progression des élèves les élèves plus faibles. Le dispositif combinant les deux approches ne semble pas le plus bénéfique et une question de la charge ajoutée au cours avec un tel dispositif doit être discutée. Enfin, les élèves les plus performants nécessitent des interventions adaptées pour éviter des régressions.

5.3.3. Discussion

L'étude 3, dite longitudinale, a pour objectif de répondre à la question :

Comment la pensée critique des élèves est-elle influencée par l'intégration de pauses métacognitives dans la démarche d'investigation et/ou par l'entrainement du contrôle inhibiteur ?

Ancrée dans une approche didactique, le dispositif mis en œuvre au cœur de la démarche d'investigation en sciences est évalué au regard de son effet sur trois éléments d'observation : le résultat global au *Cornell Critical Thinking Test* qui est le test évaluant la pensée critique, les résultats aux sous-compétences évaluées dans le CCTT et le résultat au test de Stroop qui est le test évaluant le contrôle inhibiteur.

Préalablement à la discussion autour des hypothèses émises, nous discutons la collecte des données et les corrélations à priori pour lesquelles aucune hypothèse n'avait été émise.

5.3.3.1. Les outils de collecte de données

Comme cela a été relevé, suite un problème multifactoriel (humain ou numérique), la collecte des données au prétest a été complexe à mettre en œuvre. Bien que des tests aient été réalisés au cours des semaines précédant la rentrée scolaire, ceux-ci n'avaient jamais été réalisés en conditions réelles. Ils avaient eu lieu avec une tablette personnelle connectée à un réseau privé pleinement efficace. À l'inverse, en milieu scolaire, le nombre de connexions simultanées n'était pas de un mais d'une quinzaine à une soixantaine, sur un réseau wifi utilisé par plusieurs centaines de connexions simultanées. Cette réalité a révélé des erreurs d'encodage des données qui ont pu être résolues, mais auxquelles les élèves ont massivement fait face au cours des moments du prétest. Certains élèves ont dû s'y reprendre plusieurs fois pour valider leurs données. Cela a conduit à réaliser le CCTT en version papier (alors qu'il était initialement prévu sur tablette), ainsi qu'à une perte de données au test de Stroop pour certains élèves.

Dans ce contexte, la prise de mesures est critiquable et perfectible. Si un élève a dû réaliser un test de Stroop plusieurs fois afin d'encoder correctement celui-ci, nous pouvons estimer un effet de lassitude et de perte de concentration à refaire plusieurs fois la manipulation, conduisant à des résultats plus faibles.

Les données obtenues sont exploitables, car les mesures ne sont pas fausses pour autant et les élèves n'avaient réalisé aucun entrainement. De plus, lors du traitement des données,

nous avons veillé à ne prendre en compte que les premières données encodées par l'élève et complètes.

5.3.3.2. Les corrélations à priori

Nous observons des corrélations à priori entre les variables. Ces corrélations ne font pas l'objet d'hypothèse particulière, mais il nous semble intéressant de les discuter, car elles donnent de la valeur aux outils de mesure utilisés.

La pensée critique est corrélée positivement au contrôle inhibiteur ($r = 0,21$, $p < 0,001$). Bien que la force du lien soit faible, ce constat confirme les propos d'Houdé (2019b). Par ailleurs, constater que la pensée critique est corrélée au contrôle inhibiteur de l'élève est un encouragement à développer ce microprocessus pour favoriser le développement de la pensée critique. Ce constat nous pousse donc à analyser le dispositif mis en place pour vérifier si un entrainement décontextualisé du contrôle inhibiteur favorise le développement du contrôle inhibiteur et favorise par la même occasion le développement de la pensée critique.

Le résultat au CE1D de sciences est corrélé positivement à la pensée critique ($r = 0,38$, $p < 0,001$) et au contrôle inhibiteur ($r = 0,17$, $p = 0,007$). de l'élève. Sans vouloir nous avancer pour tous les CE1D de sciences au fil des années, nous relevons qu'au moins le CE1D de sciences de juin 2022 est un indicateur intéressant pour la pensée critique et le contrôle inhibiteur des élèves. Ainsi, cette évaluation externe, bien que critiquable par les enseignants pour son niveau de connaissances à restituer ou d'applications à réaliser, peut offrir plus qu'un regard sur les connaissances matières.

Le contrôle inhibiteur est corrélé au genre des élèves ($r = -,13$, $p = 0,021$). Les filles obtiennent de meilleurs résultats au test de Stroop que les garçons.

5.3.3.3. Le dispositif centré sur des macro- et microprocessus favorise le développement de la pensée critique

Une première hypothèse émise est que le score de pensée critique du CCTT du groupe d'élèves vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur (groupe 4) évolue le plus par rapport aux autres groupes. En mettant en place une démarche globale visant un entrainement à un « macroprocessus », la pause métacognitive, et un entrainement à un « microprocessus », le contrôle inhibiteur, le développement de la pensée critique est le plus important.

Le groupe contrôle est le seul groupe pour lequel une différence significative entre le prétest et le post-test au CCTT est observée, avec une diminution significative des scores (différence moyenne = 4,451 ; $p = 0,002$). Le test t de Student confirme cette baisse significative ($t(70) = 2,84$; $p = 0,006$). Cette tendance se confirme également dans l'intervalle de confiance, qui indique une variation comprise entre -7,57 et -1,32, ce qui reflète une diminution significative du score moyen au sein de ce groupe. Les comparaisons intergroupes montrent que le groupe 1 obtient des scores significativement inférieurs en post-test par rapport au groupe 2 ($p = 0,003$) et au groupe 3 ($p = 0,01$). Aucune différence

significative n'est relevée entre le groupe 1 et le groupe 4 ($p = 0,159$). L'analyse des sous-groupes met également en évidence plusieurs effets notables au sein du groupe 1. Premièrement, pour les élèves inscrits en sciences de base, une diminution significative est observée au score global du CCTT en post-test par rapport au prétest ($Z = -3,91$; $p < 0,001$), ainsi qu'à la dimension « Induction » ($Z = -3,16$; $p = 0,002$) et aux dimensions « Observation » et « Crédibilité » ($Z = -3,90$; $p < 0,001$). Deuxièmement, pour les élèves initialement les moins performants au CCTT, une amélioration significative est notée pour le score global ($Z = -2,67$; $p = 0,008$), ainsi que pour les dimensions « Induction » ($Z = - 2,10$; $p = 0,036$) et « Déduction » ($Z = -2,45$; $p = 0,014$). En revanche, pour les élèves initialement moyens au CCTT, des baisses significatives sont relevées sur le score global ($Z = -3,77$; $p < 0,001$), ainsi que sur les dimensions « Induction » ($Z = -3,25$; $p = 0,001$), « Observation » ($Z = -3,5$; $p < 0,001$) et « Crédibilité » ($Z = -3,5$; $p < 0,001$). De même, pour les élèves initialement les plus performants au CCTT, une baisse significative est constatée sur le score global ($Z = -2,22$; $p = 0,026$) et sur la dimension « Induction » ($Z = -2,57$; $p = 0,01$). Troisièmement, chez les élèves du groupe contrôle ayant une performance moyenne au CE1D, une diminution significative du score global au CCTT est également observée ($Z = - 3,19$; $p = 0,001$).

Aucune amélioration significative n'est observée entre le prétest et le post-test au sein du groupe 2. La différence moyenne est de -2,038 ($p = 0,178$), ce qui n'est pas significatif. Les comparaisons intergroupes indiquent que le groupe 2 obtient des scores significativement plus élevés en post-test que le groupe contrôle (groupe 1), avec une différence moyenne de 7,272 ($p = 0,003$). Chez les élèves du groupe 2 ayant les scores initiaux les plus faibles, une amélioration significative du score global au CCTT est observée entre le prétest et le post-test ($Z = -2,93$; $p = 0,003$). Pour les élèves ayant une performance moyenne au CE1D, les résultats montrent également une amélioration significative du score au CCTT en post-test ($Z = -2,23$; $p = 0,026$). Au regard des dimensions de la pensée critique, aucune évolution significative n'est constatée entre le prétest et le post-test pour les élèves du groupe 2 (CI). Toutefois, des comparaisons intergroupes révèlent que les scores en post-test de la dimension d'induction sont significativement plus élevés dans le groupe 2 que dans le groupe contrôle ($p = 0,005$), ce qui suggère un effet différentiel du dispositif sur cette dimension. Pour la dimension « Déduction », bien qu'aucune progression globale significative ne soit relevée pour le groupe 2 ($p = 0,065$), cette valeur est proche du seuil de signification. Des effets significatifs apparaissent néanmoins dans certains sous-groupes. Ainsi, les garçons du groupe 2 montrent une amélioration significative de leurs scores sur cette dimension entre les deux temps de mesure ($Z = -2,28$; $p = 0,012$). De plus, une amélioration significative est également observée pour les élèves inscrits en option sciences de base ($Z = -2,06$; $p = 0,039$), ce qui indique une évolution positive ciblée. Concernant les dimensions « Observation » et « Crédibilité », les comparaisons intergroupes montrent que les scores en post-test sont significativement plus élevés dans le groupe 2 que dans le groupe contrôle ($p = 0,037$), ce qui laisse apparaître un effet relatif du dispositif d'entrainement au contrôle inhibiteur sur ces dimensions spécifiques. Enfin, en ce qui concerne la dimension « Hypothèse », les analyses révèlent des effets positifs significatifs au sein de sous-groupes particuliers. Les garçons du groupe 2 montrent une amélioration significative dans cette

dimension (Z = -1,87 ; p = 0,031), de même que les élèves initialement les plus performants au CCTT (Z = -2,21 ; p = 0,027).

Pour l'ensemble du groupe 3, aucune différence significative n'est observée entre le prétest et le post-test (différence moyenne = -0,244 ; p = 0,860). En revanche, les comparaisons intergroupes montrent que les scores en post-test du groupe 3 sont significativement plus élevés que ceux du groupe contrôle (groupe 1), avec une différence moyenne de 6,221 (p = 0,010). Il n'existe cependant aucune différence significative entre le groupe 3 et les groupes 2 (contrôle inhibiteur) ou 4 (dispositif combiné). Des analyses complémentaires indiquent que les élèves initialement les moins performants au CCTT dans le groupe 3 ont obtenu des résultats significativement plus élevés en post-test (Z = -2,94 ; p = 0,003). À l'inverse, les élèves initialement les plus performants présentent une baisse significative de leur score en post-test (Z = -2,43 ; p = 0,015). Chez les élèves du groupe 3 ayant obtenu les meilleurs résultats au CE1D, une amélioration significative du score global au CCTT est relevée (Z = -1,99 ; p = 0,047). Nous analysons à présent les évolutions éventuelles des dimensions de la pensée critique dans ce groupe de recherche. Aucune évolution significative n'est relevée dans le groupe 3 entre le prétest et le post-test (p = 0,385) au regard de la dimension de l'induction. Néanmoins, les comparaisons intergroupes montrent que les scores en post-test du groupe 3 sont significativement plus élevés que ceux du groupe contrôle (p = 0,040). Le groupe 3 ne se distingue pas significativement des groupes 2 ou 4. Chez les élèves initialement les moins performants au CCTT, les scores à la dimension « Induction » augmentent significativement (Z = -2,60 ; p = 0,009). En revanche, les élèves initialement les plus performants voient leurs scores diminuer significativement (Z = -2,74 ; p = 0,006). Pour la dimension « Déduction », aucune différence significative globale n'est observée dans le groupe 3 (p = 0,314), ni dans les comparaisons entre groupes. Toutefois, des effets apparaissent dans les sous-groupes : les élèves initialement les moins performants au CCTT présentent une amélioration significative sur cette dimension (Z = -2,76 ; p = 0,006) ; les élèves suivant l'option sciences générales montrent également une progression significative (t(40) = -1,87 ; p = 0,035). Aucune progression significative globale n'est observée dans le groupe 3 (p = 0,711), pour les dimensions d'observation et de crédibilité. Cependant, les élèves initialement les moins performants au CCTT progressent significativement sur ces deux dimensions (Z = -2,19 ; p = 0,028). À l'inverse, les élèves initialement les plus performants présentent une régression significative sur ces dimensions (Z = -2,70 ; p = 0,007). Enfin, la dimension « Hypothèse » ne présente aucune évolution significative entre le prétest et le post-test pour le groupe 3 (p = 0,837). Les comparaisons intergroupes n'indiquent aucune différence significative non plus.

Selon nos résultats, le groupe de recherche 4 (ayant bénéficié à la fois de pauses métacognitives et d'un entrainement au contrôle inhibiteur) ne présente pas d'évolution significative du score global au CCTT entre le prétest et le post-test (p = 0,541). De plus, aucune différence significative n'est observée entre ce groupe et le groupe contrôle en post-test (p = 0,159), ni avec les groupes ayant suivi uniquement l'un ou l'autre des volets du dispositif (groupes 2 (CI) et 3 (M)). Ainsi, le dispositif complet ne semble pas plus efficace

que les dispositifs partiels pour favoriser le développement de la pensée critique, telle que mesurée par le CCTT. Des effets différenciés apparaissent néanmoins au sein de certains sous-groupes. Les élèves du groupe 4 présentant les scores initiaux les plus faibles au CCTT montrent une amélioration significative entre le prétest et le post-test (Z = -2,87 ; p = 0,004), ce qui laisse penser que le dispositif a pu leur être bénéfique. Toutefois, cette amélioration est moindre que celle observée chez les élèves comparables du groupe 3, ayant uniquement bénéficié de pauses métacognitives (cf. ci-après). En ce qui concerne les dimensions spécifiques de la pensée critique, les résultats sont contrastés. Pour la dimension « Induction », aucune progression significative n'est observée dans le groupe 4 entre le prétest et le post-test (p = 0,268), bien qu'en post-test, ce groupe obtienne des scores significativement plus élevés que le groupe contrôle (p = 0,039). En revanche, aucune différence n'est observée entre le groupe 4 et les groupes 2 et 3. Il est à noter que, pour les élèves du groupe 4 suivant l'option de sciences générales, une progression significative est relevée sur cette même dimension entre le prétest et le post-test (t(57) = -1,77 ; p = 0,041). S'agissant de la dimension « Déduction », le groupe 4 ne présente aucune évolution significative, ni différence intergroupe en post-test. De même, les dimensions « Observation » et « Crédibilité » n'évoluent pas significativement entre les deux temps de mesure (p = 0,685), et aucune différence notable n'apparaît entre les groupes. Toutefois, une amélioration significative est observée pour les garçons du groupe 4 sur ces deux dimensions, avec un effet de taille moyenne (η^2 = 0,08). À l'inverse, les élèves de ce groupe inscrits en option sciences de base montrent une diminution significative de leurs scores en post-test (Z = -1,97 ; p < 0,049) pour ces deux dimensions. Enfin, concernant la dimension « Hypothèse », aucune différence significative n'est relevée dans le groupe 4 (p = 0,088), bien que cette valeur soit proche du seuil de significativité.

Ainsi, notre hypothèse n'est pas vérifiée. Le dispositif centré sur l'entrainement conjoint d'un macro- et d'un microprocessus ne semble pas le plus bénéfique. Le dispositif du groupe 4 (M+CI) est relevé comme trop conséquent et ne semble profitable dans une moindre mesure que dans un cours de sciences générales. À l'inverse, les dispositifs centrés sur l'un ou l'autre des processus semblent plus efficaces. Le dispositif centré sur l'entrainement du contrôle inhibiteur (groupe 2 (CI)) semble bénéfiques. Des effets positifs et significatifs apparaissent dans plusieurs sous-groupes, notamment chez les garçons, les élèves en option sciences de base, et ceux initialement performants au CCTT. Ces résultats indiquent que l'entrainement au contrôle inhibiteur a pu favoriser certaines composantes spécifiques de la pensée critique selon les profils d'élèves. Le groupe 3 ne montre pas d'amélioration significative moyenne au score global du CCTT entre le prétest et le post-test. Toutefois, ses scores en post-test sont significativement supérieurs à ceux du groupe contrôle. Des effets positifs significatifs sont observés dans plusieurs sous-groupes, notamment chez les élèves initialement les moins performants (toutes dimensions), ceux ayant de bons résultats au CE1D (score global), et ceux suivant l'option sciences générales (déduction). En revanche, des régressions significatives sont observées chez les élèves initialement les plus performants au CCTT sur plusieurs dimensions, notamment induction, observation et crédibilité. Nous retenons qu'en absence de dispositif, dans le groupe 1 (C) bien que la régression soit discutable, la non-

progression, constat plus acceptable, est claire. À l'inverse, les trois dispositifs favorisent une progression plus ou moins grande.

5.3.3.4. La structure scolaire de base favorise le développement de la pensée critique

Nous émettons comme seconde hypothèse que le score de pensée critique des élèves du groupe contrôle progresse le moins par rapport aux autres groupes de recherche. Sans entrainement spécifique, nous pensons que la pensée critique de ce groupe évolue tout au long de l'année reflétant l'effet de l'école en général et de l'évolution des élèves grandissant en général.

En se fondant strictement sur les informations contenues dans le fichier, il n'est pas possible de justifier que le groupe contrôle (groupe 1) favorise le développement de la pensée critique.

Les résultats montrent en effet une diminution significative du score global au CCTT entre le prétest et le post-test pour le groupe contrôle (différence moyenne = 4,451 ; p = 0,002). Cette baisse est confirmée par le test t de Student ($t(70)$ = 2,84 ; p = 0,006), et l'intervalle de confiance associé indique une diminution comprise entre -7,57 et -1,32.

De plus, les comparaisons intergroupes révèlent que le groupe contrôle obtient des scores significativement inférieurs en post-test par rapport au groupe 2 (entrainement au contrôle inhibiteur ; p = 0,003) et au groupe 3 (pauses métacognitives ; p = 0,010). Aucune différence significative n'est observée avec le groupe 4 (dispositif combiné).

Les analyses par sous-groupes confirment cette tendance négative. Plusieurs sous-groupes du groupe contrôle présentent une régression significative entre le prétest et le post-test, notamment :

- les élèves inscrits en option sciences de base (score global, induction, observation, crédibilité) ;
- les élèves ayant une performance moyenne ou élevée au CCTT en prétest (sur le score global et plusieurs dimensions) ;
- les élèves ayant une performance moyenne au CE1D (score global).

Seuls les élèves initialement les moins performants au CCTT dans le groupe contrôle montrent une amélioration significative de leurs résultats au test global (Z = -2,67 ; p = 0,008) et sur les dimensions « Induction » (Z = -2,10 ; p = 0,036) et « Déduction » (Z = -2,45 ; p = 0,014).

Ainsi, notre hypothèse n'est pas vérifiée. Le dispositif du cours de sciences « classique » suivi par le groupe contrôle n'entraine pas, en moyenne, une amélioration de la pensée critique. Au contraire, il est associé à une baisse significative des performances, en particulier chez les élèves de niveau moyen à élevé. Par conséquent, le groupe contrôle ne peut pas être considéré, sur la base de ces résultats, comme favorable au développement de la pensée critique. Ce résultat est interpellant, car il est difficilement concevable que l'enseignement

des sciences « classique », comme il a été proposé durant le dispositif, fasse décroitre la pensée critique des élèves. Nous pourrions penser que ce constat est dû au contexte au moment des passations du CCTT (par exemple, après un cours d'éducation physique ou au même moment que des évaluations importantes dans d'autres disciplines) (Arnsten, 2009) mais nous ne pouvons pas associer un tel moment de passation défavorable uniquement pour le groupe 1. En effet, tous les groupes ont réalisé les pré- et post-test dans une même temporalité et avec les mêmes contraintes. Le groupe 1 est constitué d'élèves de plusieurs classes et de plusieurs enseignants leur donnant cours de sciences. L'effet de l'enseignant seul ne peut expliquer une telle diminution (Hattie, 2009).

5.3.3.5. *Le dispositif de recherche est favorable pour les élèves initialement les plus faibles*

Le score de pensée critique et en particulier de la dimension « Déduction » des élèves les moins performant initialement au CCTT progresse dans les groupes 2 (CI), 3 (M) et 4 (M+CI). Nous supposons que le dispositif étant plus long, les élèves les plus faibles initialement ont davantage de temps pour prendre des habitudes et s'accoutumer au dispositif. Il n'est dès lors plus une étape supplémentaire complexe à gérer mais un élément normal de l'ensemble de la didactique des sciences. Face à cette hypothèse, les résultats nous apportent les nuances suivantes.

Les analyses indiquent que, dans les quatre groupes de recherche, les élèves ayant les plus faibles résultats initiaux au CCTT montrent une amélioration significative de leur score global au post-test. Les dimensions « Induction » et « Déduction » progressent significativement dans les groupes 1 (C), 2 (CI) et 3 (M). Dans le groupe 3 (M), progressent également les dimensions d'observation et crédibilité. Ainsi, les effets les plus larges se rencontrent dans le groupe 3. Cet effet particulièrement favorable des pauses métacognitives est en adéquation avec les résultats de l'étude de Piot (2002). Il constate également qu'un espace langagier métacognitif est particulièrement bénéfique pour les élèves en difficulté. Le groupe 4 (M+CI) ne permet pas significativement la progression des différentes dimensions. Au regard de ces résultats, notre hypothèse est partiellement vérifiée.

Nous relevons également le cas particulier des élèves les plus performants au CCTT initialement. Dans le groupe 1 (contrôle), les élèves initialement les plus performants montrent une diminution significative de leur score global au CCTT en post-test (Z = -2,22 ; p = 0,026), ainsi qu'une baisse significative à la dimension « Induction » (Z = -2,57 ; p = 0,010). Dans le Groupe 3 (M), des baisses significatives sont également observées pour ce sous-groupe sur plusieurs dimensions (Induction : Z = -2,74 ; p = 0,006 ; Observation : Z = -2,70 ; p = 0,007 ; Crédibilité : Z = -2,70 ; p = 0,007). Ces résultats reflètent que le dispositif ne permet pas aux élèves performants dès le départ de progresser. Morlaix et Lambert-Le Mener (2015), dans un contexte universitaire, constate un effet de plafond de la motivation à réaliser des démarches spécifiques chez les élèves performant initialement le mieux (dits les élèves les plus brillants, selon les autrices) et donc ne permet pas de performer davantage. De plus, Nelson et Eliasz, (2022) décrive le Challenge Point Framework comme le moment précis où la difficulté d'une tâche est en adéquation avec le

niveau de compétence des élèves pour favoriser un apprentissage maximal. À l'inverse, si la tâche est perçue comme trop simple ou trop complexe, l'élève s'en désengage et ses performances stagnent ou régressent.

5.3.3.6. Les connaissances antérieures influencent l'évolution de la pensée critique

Nous avons émis une hypothèse portant sur l'effet des connaissances antérieures sur le développement de la pensée critique. Nous émettons l'idée que le score au CE1D de sciences et l'option scientifique choisie sont en lien avec le score de pensée critique initial. Les élèves présentant un score plus élevé au CE1D de sciences s'engagent davantage dans l'option scientifique « Sciences générales ». Ces élèves sont davantage impliqués dans leur scolarité, mobilisent davantage leurs connaissances antérieures et obtiennent, dès lors, un meilleur score de pensée critique initial. Cette hypothèse est soutenue par le propos de Farina et Pasquinelli (2019) précisant que le développement de la pensée critique se fonde sur des connaissances préalables dans le domaine considéré.

Dans le groupe contrôle (groupe 1), les élèves ayant obtenu une performance moyenne au CE1D présentent une diminution significative de leur score global au CCTT entre le prétest et le post-test. Le test de Wilcoxon confirme cette baisse, avec une valeur de $Z = - 3,19$ et une significativité de $p = 0,001$. Ces résultats indiquent que, pour ces élèves, le dispositif classique du cours de sciences fondé sur la démarche d'investigation ne permet pas de maintenir ou d'améliorer leur niveau de pensée critique. À l'inverse, dans le groupe 2 (CI), les élèves ayant également une performance moyenne au CE1D montrent une amélioration significative de leur score au CCTT. Le test de Wilcoxon révèle une valeur de $Z = -2,23$ et une significativité de $p = 0,026$. Cette progression suggère que ce type d'entrainement est associé à une évolution favorable de la pensée critique chez les élèves de niveau moyen au CE1D. Dans le groupe 3 (M), ce sont les élèves ayant obtenu les meilleurs résultats au CE1D qui présentent une évolution significative de leur score global au CCTT. Le test de Wilcoxon indique une amélioration significative, avec une valeur de $Z = -1,99$ et $p = 0,047$. Ainsi, ces élèves semblent tirer profit de l'intégration de pauses métacognitives au sein du cours de sciences. Aucune donnée significative ne ressort du groupe 4 (M+CI).

Ces résultats ne permettent pas de mettre en lien véritablement les connaissances antérieures en sciences avec l'évolution de la pensée critique des élèves. Cela peut notamment s'expliquer par la structure même du CCTT ne portant pas sur des concepts scientifiques. La passation du CCTT ne reposant pas sur des connaissances scientifiques, il ne permet pas d'évaluer la pensée critique en contexte scientifique et basée sur les connaissances y étant liées. Néanmoins, comme cela a été mis en évidence dans les corrélations a priori, le résultat au CE1D de sciences est faiblement à moyennement lié, et de manière positive, au résultat global au CCTT en prétest ($r = 0,38$, $p < 0,001$) et inversement ($r = 0,32$, $p < 0,001$). Nous émettons l'hypothèse que la compétence de pensée critique favorise la réalisation de cette évaluation externe au travers de l'ensemble des savoirs, savoir-faire et savoir-être sous-jacents mobilisés.

5.3.3.7. Le genre des élèves influencent l'évolution de la pensée critique

Nous formulons l'hypothèse suivante : le score de pensée critique est influencé par le genre de l'élève ; comme déjà dit plus haut, les garçons pourraient présenter une évolution plus marquée que les filles. Bien que les résultats antérieurs du CCTT (Ennis et al., 2005) et plusieurs méta-analyses (Abrami et al., 2008 ; Lai, 2011) ne relèvent pas de lien systématique entre genre et pensée critique, cette hypothèse est envisagée par analogie avec les écarts de performance observés en mathématiques et en sciences à l'adolescence entre les filles et les garçons (OCDE, 2020 ; Mercier-Brunel, 2023).

Bien que le genre ne semble pas influencer directement la pensée critique, nous retrouvons des influences du genre sur des dimensions de la pensée critique dans les différents groupes. Dans le groupe contrôle (groupe 1), les filles présentent une différence significative entre le prétest et le post-test pour les dimensions « Observation » et « Crédibilité ». Le test *t* pour échantillons appariés indique une amélioration significative pour ces deux dimensions, avec une taille d'effet importante (η^2 partiel = 0,15). Par ailleurs, dans le groupe 2 (entrainement au contrôle inhibiteur), des analyses de Wilcoxon révèlent chez les garçons une amélioration significative de la dimension « Déduction » (Z = -2,28 ; p = 0,012) ainsi que de la dimension « Hypothèse » (Z = -1,87 ; p = 0,031). Dans le groupe 4 (ayant vécu les pauses métacognitives et l'entrainement au contrôle inhibiteur), ce sont les garçons qui présentent une évolution significative entre le prétest et le post-test pour les mêmes dimensions (« Observation » et « Crédibilité »), avec une taille d'effet moyenne (η^2 partiel = 0,08).

Par ailleurs, les dimensions d'observation et de crédibilité sont faiblement corrélées négativement avec le genre des élèves (r = -0,13, $p < 0,05$) préalablement au dispositif. Les filles obtiennent de meilleurs résultats à ces deux sous-compétences que les garçons. De la même façon, le résultat au test de Stroop en prétest est faiblement lié, et de manière négative, au genre des élèves (r = -,13, p = 0,021). Les filles, codées avec la valeur 0, obtiennent de meilleurs résultats au test de Stroop que les garçons (codés 1).

5.3.3.8. Le cours de sciences générales est préférable au cours de sciences de base pour favoriser le développement de la pensée critique

Les élèves inscrits en sciences de base présentent des baisses significatives dans plusieurs dimensions de la pensée critique au sein des groupes 1 (contrôle) et 4 (dispositif complet), tandis que dans le groupe 2, une amélioration est notée sur la dimension « Déduction ». En revanche, les élèves inscrits en sciences générales montrent une amélioration significative du score global et de la dimension « Déduction » dans le groupe 3. Ainsi, l'évolution des scores de pensée critique varie selon l'option scientifique suivie et selon le dispositif pédagogique auquel les élèves ont été exposés.

Ces observations soulèvent la question du nombre d'heures en classe adéquat pour mettre en place le dispositif imaginé. Nous soulignons que le dispositif complet (M+CI) ne permet

pas de progresser en sciences de base. Nous postulons qu'il est trop conséquent pour être mis en œuvre dans le cadre d'un cours de 3h par semaine. À l'inverse, les dispositifs partiels centrés sur l'un des deux processus conduisent à des évolutions positives. Le dispositif centré sur l'entrainement du contrôle inhibiteur en sciences de base semble favorable. Le dispositif centré sur les pauses métacognitives en sciences générales favorise une évolution positive.

5.3.3.9. L'évolution du contrôle inhibiteur

Une ANOVA à mesures répétées montre une différence significative entre les scores de prétest et de post-test ($F(1,207) = 42,04$; $p < 0,001$), avec une taille d'effet partielle (η^2) de 0,17. Cela signifie que 17 % de la variation des scores au test de Stroop s'explique par l'effet du temps. Les comparaisons par paires, réalisées à l'aide de la procédure de Bonferroni, confirment cette évolution significative pour les quatre groupes de recherche. Cependant, aucune différence significative n'est observée entre les groupes en post-test, ce qui indique que le dispositif suivi n'a pas eu d'effet différentiel sur le développement du contrôle inhibiteur. La même évolution du contrôle inhibiteur se retrouve dans plusieurs sous-groupes sans pouvoir mettre en évidence un facteur déterminant la favorisant.

5.3.3.10. Conclusion

L'étude longitudinale visait à examiner l'influence de dispositifs didactiques ciblant des macroprocessus (pauses métacognitives) et microprocessus (entrainement au contrôle inhibiteur) sur le développement de la pensée critique chez des élèves de 3e secondaire. Trois niveaux d'analyse ont été mobilisés : le score global de pensée critique (CCTT), ses sous-dimensions et le contrôle inhibiteur (test de Stroop).

Les résultats montrent tout d'abord que, sans intervention spécifique, les élèves du groupe contrôle voient en moyenne leurs scores de pensée critique diminuer, notamment chez les élèves de niveau initial moyen ou élevé. Cette régression remet en question l'idée selon laquelle la seule fréquentation du cours de sciences suffirait à faire progresser la pensée critique. À l'inverse, les dispositifs didactiques testés, bien que n'entraînant pas d'amélioration globale significative dans tous les groupes, montrent des effets différenciés et prometteurs au sein de certains sous-groupes.

Le dispositif centré sur l'entrainement au contrôle inhibiteur (groupe 2) a montré des effets positifs, en particulier chez les élèves initialement les moins performants, les garçons, les élèves de niveau moyen au CE1D, et ceux inscrits en sciences de base. De manière similaire, le dispositif de pauses métacognitives (groupe 3) semble particulièrement bénéfique pour les élèves initialement faibles, ceux suivant l'option sciences générales et ceux ayant de bons résultats au CE1D, bien que des effets de régression soient observés chez les élèves initialement performants. À l'inverse, le dispositif combiné (groupe 4), bien que théoriquement prometteur, n'a pas démontré d'effet global supérieur et paraît trop lourd à mettre en œuvre, notamment dans le cadre de cours à faible volume horaire. Face à ce constat opposé à notre hypothèse initiale, nous proposons d'observer plus finement ce groupe de recherche grâce à une étude multi-cas (cf. point suivant). En comprenant davantage comment

les élèves de ce groupe se sont appropriés le dispositif, nous pourrons peut-être comprendre pourquoi il n'a pas rencontré nos attentes.

Par ailleurs, l'analyse met en lumière l'effet différencié des dispositifs selon le genre, l'option scientifique suivie et les connaissances préalables. Les garçons, selon les cas, semblent davantage progresser sur certaines dimensions de la pensée critique. Les élèves inscrits en sciences générales tirent davantage profit des pauses métacognitives, tandis que ceux en sciences de base bénéficient davantage de l'entrainement au contrôle inhibiteur. Enfin, les élèves les plus faibles initialement au CCTT sont les principaux bénéficiaires des dispositifs, tandis qu'un effet de plafond et une éventuelle démotivation semblent affecter les plus performants.

Concernant le contrôle inhibiteur, bien qu'une amélioration significative soit observée dans l'ensemble des groupes, aucun effet différentiel entre les groupes n'a été identifié. Cette amélioration généralisée pourrait refléter un effet de maturation ou d'apprentissage lié à l'environnement scolaire global.

Cette recherche montre que le développement de la pensée critique ne peut être laissé au hasard du parcours scolaire standard. Il nécessite des dispositifs explicites, ciblés et adaptés aux profils des élèves. Les résultats incitent à privilégier des approches centrées sur un processus à la fois, pour optimiser leur efficacité selon le contexte d'enseignement et les caractéristiques des apprenants.

L'essentiel à retenir

L'analyse quantitative de l'étude 3 montre que, sans intervention spécifique, les élèves du groupe contrôle voient en moyenne leurs scores de pensée critique diminuer. À l'inverse, les dispositifs didactiques testés, bien que n'entraînant pas d'amélioration globale significative dans tous les groupes, montrent des effets différenciés et prometteurs au sein de certains sous-groupes.

Le dispositif centré sur l'entrainement au contrôle inhibiteur montre des effets positifs, en particulier chez les élèves initialement les moins performants, les garçons, les élèves de niveau moyen au CE1D, et ceux inscrits en sciences de base. De manière similaire, le dispositif de pauses métacognitives semble particulièrement bénéfique pour les élèves initialement faibles, ceux suivant l'option sciences générales et ceux ayant de bons résultats au CE1D, bien que des effets de régression soient observés chez les élèves initialement performants. À l'inverse, le dispositif combiné, bien que théoriquement prometteur, n'a pas démontré d'effet global supérieur et paraît trop lourd à mettre en œuvre, notamment dans le cadre de cours à faible volume horaire. Par ailleurs, l'analyse met en lumière l'effet différencié des dispositifs : les garçons, selon les cas, semblent davantage progresser sur certaines dimensions de la pensée critique ; les élèves inscrits en sciences générales tirent davantage profit des pauses métacognitives, tandis que ceux en sciences de base bénéficient davantage de l'entrainement au contrôle inhibiteur. Enfin, les élèves les plus faibles initialement au CCTT sont les principaux bénéficiaires des dispositifs, tandis qu'un effet de plafond et une éventuelle démotivation semblent affecter les plus performants.

Concernant le contrôle inhibiteur, bien qu'une amélioration significative soit observée dans l'ensemble des groupes, aucun effet différentiel entre les groupes n'est clairement identifié. Cette amélioration généralisée pourrait refléter un effet de maturation ou d'apprentissage lié à l'environnement scolaire global.

5.4. Étude 3, influence des pauses métacognitives et du contrôle inhibiteur sur le développement de la pensée critique, approche qualitative

Nous relevons un grand intérêt de l'analyse quantitative des résultats, car nous avons l'opportunité d'exploiter des évaluations chiffrées à différents temps du dispositif et les différentes valeurs obtenues peuvent être mises en lien pour chaque élève. Néanmoins, l'analyse quantitative ne permet pas d'apprécier la façon dont les élèves se sont appropriés le dispositif ; elle ne permet pas de présenter l'expression des élèves ayant vécu le dispositif ni la dynamique et les interactions entre les élèves. En ce sens, si notre approche se limite à une analyse quantitative, il nous semble que nous perdons une certaine richesse de l'expérimentation longitudinale menée. De plus, les résultats évoqués dans l'analyse quantitative soulèvent des questions, car ils ne correspondent pas aux hypothèses émises pour les élèves du groupe 4 ayant vécu les pauses métacognitives et suivi un entrainement du contrôle inhibiteur (M+CI). Afin d'apporter des compléments d'informations à ces deux réflexions et une certaine compréhension des résultats quantitatifs, nous proposons de réaliser la recherche qualitative suivante.

Les objectifs d'une étude de cas

Stake (cité dans Liamputtong, 2020) préconise l'utilisation d'études qualitatives dans les recherches en éducation. Stake met l'accent sur une approche interprétative et constructiviste de la recherche qualitative. Il préconise l'étude de cas comme approche méthodologique en acceptant qu'elle ne puisse pas toujours déboucher sur des généralisations. Il valorise l'expérience vécue, le contexte et la subjectivité de la démarche.

L'intérêt premier de l'étude de cas est repris par Rossman et Rallis : « Ils cherchent à comprendre un phénomène plus large en examinant de près un cas spécifique et se concentrent donc sur le particulier » (traduction libre de Rossman et Rallis cités dans Liamputtong, 2020, p. 209). Afin de comprendre la spécificité globale des résultats obtenus dans le groupe de recherche 4 (M+CI), il est intéressant d'observer spécifiquement un cas particulier de ce groupe. Cette idée est également soutenue par Gerring précisant que « la connaissance approfondie d'un exemple individuel est plus utile que la connaissance éphémère d'un plus grand nombre d'exemples. Nous obtenons une meilleure compréhension de l'ensemble en nous concentrant sur une partie clé » (cité dans Liamputtong, 2020, p. 210). Ainsi, cette étude de cas a pour objectif d'améliorer la connaissance que l'on peut avoir de l'appropriation du dispositif didactique par les élèves. Grâce aux connaissances apportées par l'étude qualitative, nous pouvons envisager la compréhension de certains constats laissés dans l'angle mort de l'approche quantitative, mais également envisager des perspectives, fondées sur l'expression des élèves, pour améliorer le dispositif. L'étude qualitative nous apporte une autre compréhension du dispositif didactique.

Définition d'un cas

Préalablement, à la mise en œuvre de cette étude. Il convient de s'accorder sur ce qu'est un « cas ». Dumez en propose cette définition : « Tout ce à quoi on peut attribuer une

quelconque valeur, tout ce qui peut avoir un quelconque intérêt, peut devenir un cas » (Dumez, 2023, p. 3). Dans notre contexte spécifique de l'éducation, le cas peut revêtir plusieurs formes : une école, un groupe classe, un enseignant, un élève… Le cas étudié est généralement considéré comme « emblématique » d'une plus grande population. Dans cette étude, nous proposons dès lors de choisir comme cas, un élève faisant partie du groupe de recherche 4 (M+CI). L'élève est spécifiquement choisi pour sa biographie représentative (bien que nous disposons d'assez peu d'informations biographiques) d'une situation spécifique, ainsi que pour la disponibilité de données suffisantes le concernant. Le détail de la sélection des élèves est présenté ci-après.

Plus précisément, nous proposons de réaliser une étude de cas multiples. « Les cas multiples sont sélectionnés parce que les chercheurs pensent que « leur compréhension permettra de mieux comprendre, et peut-être de mieux théoriser, un ensemble encore plus vaste de cas » » (traduction libre de Liamputtong, 2020, p. 214). Nous soutenons qu'en nous focalisons sur quelques élèves emblématiques, nous pourrons en apprendre davantage sur le dispositif mis en œuvre.

Stake (cité dans Liamputtong, 2020) précise qu'un cas est un « système borné ». Il entend par là que l'étude porte sur ce cas dans une situation concrète en un temps donné. Nous devons poser une limite de temps et d'espace au cas étudié. Dans notre situation, notre étude de cas se déroule durant le dispositif didactique mis en œuvre durant l'année scolaire 2022-2023 et est prolongée par un recueil de données complémentaire mené en 2024. Dans les limites que nous nous imposons, nous estimons collecter suffisamment de matériau pour répondre à la problématique posée. Nous avons conscience que nous posons des choix pour construire cette étude de cas et nous les expliquons.

Structure de l'étude multi-cas

Notre étude de cas est présentée comme instrumentale et multiple (Liamputtong, 2020). Les cas observés, cinq élèves, nous permettent d'observer des données relatives au dispositif. Notre attention ne porte pas sur l'élève en tant que tel mais sur son appropriation du dispositif et son regard sur celui-ci.

Notre étude de cas est une description reposant sur une observation détaillée du contexte, d'une part ; et sur les données des élèves emblématiques, d'autre part, nous permettant de réaliser une démarche d'inférence pour comprendre comment le dispositif a été accueilli et vécu par les élèves. De cette façon, cette étude de cas soutient l'objectif d'évaluer le dispositif didactique mis en œuvre au regard des élèves et d'en proposer des adaptations.

Afin de récolter les données nécessaires, notre étude de cas repose sur la triangulation des données obtenues au moyen de différentes méthodes. Tout d'abord, nous analysons les productions écrites des élèves réalisées sur des documents créés à cet effet (analyse d'artefacts). Ensuite, nous croisons cette méthode avec des entretiens semi-directifs réalisés durant le dispositif didactique et un questionnaire réalisé a posteriori. Nous enrichissons ces données avec des observations d'enseignants durant le dispositif. En utilisant ces méthodes multiples, nous nous appuyons sur des perspectives multiples, pour obtenir une meilleure

cartographie de la réalité didactique et pédagogique vécue. Acceptant que les points de vue puissent être différents, nous cherchons à identifier différentes réalités du dispositif.

L'étude multi-cas proprement dite

Pour réaliser notre étude de cas, cinq cas emblématiques du groupe 4 (M+CI) ont été sélectionnés. Les cinq élèves sélectionnés suivent l'option « sciences générales » (à raison de 5h par semaine). Selon toutes nos hypothèses, c'est dans ce groupe d'élèves que l'on s'attendait à voir le plus d'effet du dispositif sur le développement de la pensée critique. En effet, les classes de sciences générales ont un nombre plus petit d'élèves et donc une attention différente peut leur être portée. Les élèves choisissant l'option « sciences générales » ont un intérêt a priori plus fort pour le cours de sciences et une implication plus grande. Avec 5h de sciences par semaine et non 3h par semaine pour le cours de sciences de base, l'enseignant dispose de plus de temps pour mettre en place l'entrainement au contrôle inhibiteur, mais aussi les pauses métacognitives. Ainsi, les classes de sciences générales avec le double dispositif (pauses métacognitives et entrainement du contrôle inhibiteur) sont estimées optimales pour observer des changements. Or, ce n'est pas forcément le cas (du moins dans l'étude précédente). Plutôt que de sélectionner des élèves ayant des scores plus ou moins élevés aux tests réalisés, ce qui pouvait manquer de sensibilité, nous avons observé la réussite globale de l'année. La réussite globale de l'année est révélatrice d'une forme de motivation et d'implication dans le cours. L'enseignant au contact de ces élèves accordent à ces derniers des implications différentes dans son cours, des niveaux de motivation différents vis-à-vis du milieu scolaire. En sélectionnant un élève qui échoue, un élève qui réussit faiblement et un élève qui réussit fortement, nous avons des perspectives différentes. Conscient que filles et garçons peuvent avoir des approches différentes de l'implication dans leur parcours scolaire, nous sélectionnons un garçon qui échoue (nous n'avons pas le matériau pour une fille qui échoue), une fille et un garçon réussissant faiblement et une fille et un garçon réussissant fortement.

L'étude de cas menée soutient deux objectifs principaux. Tout d'abord, nous souhaitons mieux comprendre le processus des pauses métacognitives vécu dans la dynamique de la didactique des sciences et son appropriation par les élèves. Cette partie du dispositif repose sur un temps de réflexion personnel durant lequel des traces écrites sont collectées, ainsi que sur un partage des représentations, ancré dans une logique socioconstructiviste. Enfin, nous souhaitons que cette étude de cas nous permette de mieux comprendre les raisons d'un moins grand bénéfice du groupe expérimental 4 (M+CI). Nous soutenons qu'en portant un regard sur les pauses métacognitives vécues et leur contexte de mise en œuvre ainsi que les avis des élèves sur cette démarche métacognitive, nous pourrons relever les limites du dispositif ; favorisant une compréhension (voire l'émission d'hypothèses explicatives) des résultats et l'amélioration du dispositif pour des perspectives à venir.

5.4.1. Méthodologie

Afin de présenter la méthodologie de cette étude, nous présentons tout d'abord le matériau utilisé. Nous présentons ensuite les questions de recherche auxquelles les données du

matériau doivent apporter des réponses, ainsi que nos hypothèses. Nous poursuivons en présentant la méthode d'analyse utilisée. Enfin, nous rappelons le cadre éthique de cette étude.

5.4.1.1. Matériau

Durant l'ensemble de la recherche longitudinale, différents matériaux ont été collectés. Il convient de garder à l'esprit qu'ils reflètent des informations à un moment donné dans un contexte donné. Ils ne sont qu'une représentation des élèves dans des conditions spécifiques et ne peuvent être considérés comme un reflet exact des personnes observées. Nous avons fait le choix que cette recherche se déroule en conditions quasi-expérimentales tout en étant en situation naturelle. Bien que nous contrôlions le dispositif mis en œuvre, nous ne contrôlons pas la réception qu'en a l'élève ni même son vécu au moment de la recherche influençant son implication.

Cette étude de cas repose sur les matériaux suivants :

Les traces écrites réalisées lors des pauses métacognitives (cf. Annexe 14) : en ne gardant que les traces écrites comparables chez les cinq élèves, nous observons vingt traces rédigées lors de vingt pauses métacognitives. Les documents utilisés pour collecter ces traces ont fait l'objet d'une évaluation lors de la recherche exploratoire précédente et ont été conçus pour favoriser la rédaction des élèves.

Les entretiens semi-directifs (cf. Annexe 15) : après environ cinq mois de dispositif vécu, les élèves de cette étude ont participé à des entretiens semi-directifs. Neuf élèves ont participé à deux temps d'entretien réalisés dans le cadre de cette étude longitudinale, mais également dans le cadre d'une recherche de prolongement. Parmi ces neufs élèves, nous retrouvons les cinq élèves emblématiques choisis. Les entretiens semi-directifs se sont déroulés par groupe de trois élèves. Les élèves participant de façon volontaire à ces entretiens mais y montrant une certaine réticence, il a été choisi que les élèves puissent réaliser ces entretiens par groupe de trois. Bien qu'ils soient plusieurs simultanément, nous avons veillé à ce que tous puissent s'exprimer de façon libre et sans jugement. Les entretiens semi-directifs sont caractérisés de ciblés, car ils portaient spécifiquement sur le dispositif vécu. Le deuxième temps d'entretiens semi-directifs portant sur le dispositif des pauses métacognitives orales ou écrites mais non analysé dans ces lignes ; seul le premier temps d'entretiens semi-directifs est utilisé comme données de cette étude qualitative.

Les avis a postériori (cf. Annexe 16, Annexe 17, Annexe 18 et Annexe 19) : au terme du dispositif, les élèves ont complété un questionnaire en ligne afin de recueillir leurs avis sur le dispositif vécu. Ce questionnaire a été complété en classe à l'aide de tablettes. Sa complétion a duré quinze minutes environ. Ce questionnaire était structuré de la façon suivante. Il comprenait deux questions ouvertes sur la métacognition et le contrôle inhibiteur, 32 items à échelle de Likert (à 4 réponses) portant sur la métacognition (pas d'accord / d'accord), trois questions ouvertes sur le dispositif des pauses métacognitives, 15 items à échelle de Likert (à 4 réponses) portant sur l'entrainement du contrôle inhibiteur (pas d'accord / d'accord) et 10 questions d'ordre statistique.

Les deux situations de transfert fondées sur la démarche d'investigation (cf. Annexe 20 et Annexe 21) : les élèves ayant réalisé des situations de transfert fondées sur la démarche d'investigation, nous disposons de deux situations auxquelles les élèves ont apporté des réponses. La première situation a été menée au terme du dispositif. Elle porte sur une notion de chimie : la réaction chimique de neutralisation. Nous disposons du document que les élèves ont complété pour réaliser cette DI. Nous souhaitons y déceler des éléments faisant écho à la démarche mise en œuvre. La deuxième DI a été menée un an après la fin du dispositif, lorsque les élèves sont en quatrième année. Cette DI porte spécifiquement sur l'émission d'hypothèses face à une problématique questionnant les connaissances antérieures des élèves. Sur le document complété, une question porte également spécifiquement sur le dispositif vécu lors de l'année antérieure. Cette DI soutient deux objectifs : évaluer si les élèves arrivent à mobiliser des connaissances de l'année antérieure afin de produire une réponse à une situation, mais également d'observer si les élèves ont encore en mémoire le dispositif vécu et s'ils arrivent à le mettre en œuvre dans ce cas précis (sans avoir mentionné spécifiquement le dispositif).

Les différents résultats aux évaluations (CE1D, CCTT, Stroop, examen de fin d'année) : ces évaluations fournissent des résultats chiffrés aux élèves nous permettant de les contextualiser dans l'échantillon étudié.

Les traces orales d'enseignants (cf. Annexe 22 et Annexe 23) : Deux enseignants mettent en œuvre le dispositif dans le groupe 4 (M+CI). Durant la recherche, ces deux enseignants se sont exprimés sur le dispositif. Monsieur E et Monsieur A ont gardé des traces orales (des enregistrements réalisés avec un dictaphone) de la mise en œuvre du dispositif. Ils y expriment leurs ressentis, mais également les avantages et les inconvénients d'un tel dispositif pour leur pratique professionnelle. Le regard de ces enseignants peut être mis en lien avec les expressions des élèves.

Dans les transcriptions qui suivent, l'orthographe des écrits des élèves est respectée.

5.4.1.2. Questions de recherche et hypothèses

Étant conscient que la partie quantitative de cette étude agrège les données derrières des valeurs chiffrées et offre un regard sur l'effet du dispositif didactique au regard d'une mesure de la pensée critique et de ses sous-capacités, nous réalisons cette partie qualitative de l'étude afin d'apporter une autre compréhension des résultats et du vécu d'élèves. Nous posons dès lors cette première question :

Comment les élèves se sont-ils approprié le dispositif didactique vécu ?

Notre hypothèse est que nous allons observer une différence d'implication dans le dispositif en fonction de l'implication générale dans la scolarité. Nous pensons que le dispositif est d'autant plus bénéfique lorsque les élèves s'impliquent dans sa mise en œuvre (Trisconi et Cuozzo, 2022). Nous pensons que l'appropriation du dispositif est plus facile pour les élèves ayant déjà davantage de facilités en classe (Galand et Vanlede, 2004).

Dans l'étude quantitative, notre hypothèse est que le groupe 4 (M+CI) est celui qui révèle la plus forte progression, car il est celui qui suit le dispositif le plus complet. Or, nous relevons que ce groupe n'est pas celui qui progresse le mieux, au contraire. Nous soulevons alors la question suivante :

Comment se fait-il que les élèves du groupe 4 (M+CI) ne soient pas ceux qui progressent le plus alors que ce sont eux qui ont vécu le dispositif le plus complet ?

Notre hypothèse est que le dispositif proposé est trop lourd à mettre en place et qu'à force de faire vivre un dispositif couteux intellectuellement parlant aux élèves, il y ait un désengagement de leur part avec une perte de sens. Cette hypothèse est soutenue par les propos de van Merriënboer et Sweller (2005) spécifiant qu'une démarche trop complexe nécessite une charge cognitive importante pour des élèves n'ayant jamais vécu une telle démarche et cela entrave leurs apprentissages. Nous sommes conscients que si les élèves ne s'impliquent pas dans le dispositif, celui-ci ne conduira pas à des résultats tangibles et bénéfiques.

Nous pensons qu'une réponse peut être apportée à ces questions en réalisant une étude de cas pour cinq élèves emblématiques de ce groupe.

5.4.1.3. Méthodologie d'analyse

Pour analyser les différents matériaux, nous procédons à une analyse par élève. Nous mettons en regard les données de chaque matériau afin d'y observer des liens éventuels et de comprendre comment l'élève a procédé et comment il s'y est investi. Une fois cette première étape réalisée, nous mettons en évidence les liens internes à chaque élève et nous identifions d'éventuels profils révélant différentes manières de comprendre, de répondre aux questions ou de donner du sens au dispositif vécu. Nous pensons qu'en combinant ces deux étapes, nous pourrons apporter des réponses ou tout au moins émettre des hypothèses, aux deux questions soulevées.

Concernant l'analyse des productions des élèves durant les temps de pauses métacognitives, nous proposons d'observer les représentations formulées à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » et de les mettre en lien avec la formulation de l'hypothèse ou de l'interprétation qui suit. Nous nous permettons de parler de productions étant le reflet des représentations des élèves, car il nous semble que la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » induit une réponse portant sur le « déjà-là », sur les représentations que possède l'élève sur le sujet traité. Le fait de marquer une pause métacognitive soutient la démarche de recherche de ces représentations initiales.

Nous proposons de catégoriser la représentation formulée. Notre objectif ne portant pas spécifiquement sur une catégorisation systématique des représentations mais davantage sur le lien entre les représentations et la formulation de l'hypothèse ou interprétation, nous choisissons un modèle d'analyse des représentations qui correspond à notre besoin. Par ailleurs, Giordan (1999) rappelle que les représentations dépendent de l'objet d'étude. Il est dès lors difficile d'en faire des catégories générales et de les comparer entre elles. Ainsi, nous proposons d'utiliser une catégorisation des représentations proposée par Orange et Orange

Ravachol (2013) et détaillée également par Dehon et Derobertmasure (2016). Nous proposons de classer les représentations en deux catégories : les production figuratives ou du registre empirique et les productions explicatives. Ces deux catégories reposent sur la précision de la production. Une production figurative présente des éléments de réponse à la question posée sans nécessairement les mettre en lien. À l'inverse, une production explicative repose sur des éléments de réponse mais propose également l'explication des liens entre ces éléments pour répondre plus précisément à la question posée. En ce sens, la production explicative est jugée plus complète que la production figurative. Dehon et Derobertmasure (2016) proposent une analyse plus aboutie en abordant d'autres critères, mais l'analyse des représentations n'étant pas l'objet strict de cette recherche qualitative nous n'allons pas plus loin dans cette démarche. Nous rappelons enfin que nous ne faisons qu'observer des productions individuelles écrites réalisées dans un contexte précis et que, bien que l'on parle d'observer les représentations, nous observons en réalité des productions qui tendent à mettre en lumière les représentations, mais pour lesquelles nous ne disposons que de nos propres outils d'analyse et d'interprétation et non l'interprétation précise (sans doute exprimée oralement mais limité par le vocabulaire utilisé par l'élève) qu'en fait l'élève (Orange et Orange Ravachol, 2013).

Nous soutenons l'assertion qu'une hypothèse est une supposition qui doit être vérifiable et vérifiée durant la phase de recherche. Une hypothèse est davantage qu'une prévision. À l'inverse, nous n'utilisons pas les nuances que Cariou (2007) propose entre hypothèse, moyen, supposition et anticipation, car les élèves ayant participé à cette recherche ne sont pas familiers de celles-ci. Il précise que moyen, supposition et anticipation reposent sur des hypothèses sous-jacentes. Nous nous fondons davantage sur les propos de Giordan (1999). Ce dernier précise qu'une proposition réalisée dans le cadre d'une démarche expérimentale que l'on met en suspens le temps de la vérifier est une hypothèse. Dans notre conception, et celle que l'on propose aux élèves de cette étude, l'hypothèse est une réponse, une explication supposée que l'élève propose, à partir de ses représentations initiales, qui doit être vérifiable et qui est vérifiée durant la phase de recherche. La démarche d'investigation se conclut par un retour sur les hypothèses formulées et leur confirmation ou non.

Concernant l'analyse du questionnaire en ligne réalisé a posteriori, nous observons les réponses formulées aux différents items au regard de la théorie de la motivation et de la perception de la valeur accordée à la tâche (Eccles, 1983).

5.4.1.4. Autorisation et respect de la vie privée

Ces élèves étant mineurs au moment de l'étude, une autorisation du tuteur légal a été demandée et obtenue. Au-delà de cette autorisation, les élèves ont marqué personnellement leur accord à participer à cette étude et à ce que le matériau récolté soit utilisé dans le cadre de cette recherche doctorale.

Pour garantir l'anonymat des élèves et des enseignants ayant participé, les noms employés sont des noms d'emprunt. Toutes informations pouvant permettre l'identification des élèves ont été modifiées ou supprimées pour garantir l'anonymat.

5.4.2. Résultats

Nous proposons de structurer les observations selon un ordre chronologique. Après avoir contextualisé l'étude réalisée, nous présentons tout d'abord les productions des élèves durant les pauses métacognitives. Nous mettons ces productions en regard avec les entretiens semi-directifs et avec le questionnaire complété au terme du dispositif. Nous mettons ensuite toutes ces observations en lien avec la démarche d'investigation en chimie réalisée au terme du dispositif et le test réalisé a posteriori (un an après le dispositif). Enfin, nous observons les données prises auprès d'enseignants.

5.4.2.1. Contextualisation

L'établissement scolaire

L'école relève du réseau libre et se situe en milieu rural en région wallonne en Belgique. Par sa localisation, entourée de multiples petits villages, un grand nombre d'élèves d'horizons différents y sont inscrits. L'école regroupe 1000 élèves et 120 enseignants environ.

Cette école dispense un enseignement de la troisième à la sixième année secondaire (14 ans à 18 ans). Cette école n'organise que de l'enseignement général de transition. Cela signifie que le CESS obtenu au terme de la scolarité permet l'accès à d'autres études (en alternance, supérieures de type court ou long) mais ne forme pas les élèves de façon professionnalisante. Les élèves de cette école ont tous réussi le CE1D et la majorité s'oriente vers des études supérieures. Ces éléments permettent déjà de comprendre que les élèves vivant cette recherche sont davantage disposés à adopter une attitude scolaire plus impliquée (que dans un milieu scolaire plus complexe). Néanmoins, une partie non négligeable d'élèves venant dans cette école n'a pas encore une idée précise du futur métier qu'ils souhaitent réaliser ; ils posent donc un choix d'enseignement et d'établissement pour des raisons variées, autres que celui d'un choix de filière soutenant un objectif professionnel spécifique. Ainsi, parmi les raisons évoquées par les élèves eux-mêmes, nous relevons le choix des parents, la volonté de suivre des amis ou encore la volonté de ne pas choisir l'autre école technique et professionnelle de la région par méconnaissance des opportunités d'enseignement et de métiers futurs. Cette méconnaissance est souvent la source de préjugé sur l'enseignement professionnel et qualifiant. Il est possible de porter un regard sur les élèves entamant la 3e année dans cette école en fonction de leurs résultats au CE1D de sciences. En juin 2022, le score moyen au CE1D en éveil – initiation scientifique était de 48,2 % pour les élèves de 2e année commune et 2e année supplémentaire pris conjointement. Afin de mettre en perspective cette valeur, notre échantillon de 3e année a une moyenne de 68 % au CE1D de sciences. Néanmoins, cette moyenne élevée peut cacher de grandes disparités entre nos élèves comme cela est étayé par la suite.

Par son caractère rural et argumentant qu'il n'y a pas d'accès à des restaurants et autres à proximité, l'école ne permet pas aux élèves de quitter l'enceinte de l'établissement durant des temps pauses. Ce constat renforce le milieu protégé décrit.

Ces différentes composantes évoquées conduisent à décrire cette école comme un milieu favorisé. Cela se traduit par un indice socio-économique (ISE) de l'école très élevé.

L'enseignant

Dans ce contexte scolaire, nous allons présenter l'enseignant travaillant directement avec les cinq élèves emblématiques choisis.

Cet enseignant de sciences à 8 ans d'ancienneté dans le métier et dispose d'un diplôme AESI en Sciences et d'un master en Sciences de l'éducation. Bien qu'il ait travaillé dans plusieurs écoles durant ses cinq premières années de carrière, il travaille uniquement dans cette école depuis trois ans. Dans sa fonction d'enseignant, il a la tâche, pour quelques heures par semaine, de gérer le matériel numérique de l'établissement. L'enseignant s'engage activement dans la mise en œuvre du dispositif didactique, étant lui-même enseignant-chercheur responsable de l'étude. Cette double posture permet de garantir que les pauses métacognitives sont conduites conformément aux intentions initiales tout au long du dispositif. Néanmoins, nous sommes conscient des impondérables auxquels l'enseignant doit parfois faire face et nous en déduisons que toutes les démarches d'investigation menées ainsi que les pauses métacognitives vécues ne se sont pas toujours déroulées dans des conditions optimales. En effet, il est possible que les élèves reviennent d'un cours d'éducation physique et soient davantage fatigués, nous savons que le vécu des élèves à d'autres cours influence leur implication dans le dispositif évalué, enfin, l'enseignant lui-même, bien que souhaitant donner le meilleur, subit des facteurs influençant la mise en œuvre du dispositif. Il s'agit bien de recueils en milieu naturel.

L'enseignant échange très régulièrement avec ses collègues de sciences à propos de la recherche menée. Ces échanges ont lieu de façon informelle, lors d'une pause entre deux cours, lors de temps de midi…

Les groupes classes

Dans l'école dans laquelle se déroule la recherche, les élèves sont répartis en différents groupes classes (3A1, 3A2, 3A3,…) en fonction, généralement, d'une option principale. Par exemple, tous les élèves de 3A1 suivent l'option « sciences économiques ». De la même façon, tous les élèves de 3A8 suivent l'option « sciences de base ». À l'inverse, dans l'option « sciences générales », le nombre d'élèves par groupe est limité (afin d'organiser des séances de laboratoire en respectant les normes de sécurité). Ainsi, en sciences générales, soit tous les élèves d'un cours proviennent d'un même groupe classe scindé en deux, soit les élèves proviennent de deux groupes classes différents.

Dans le cas présent, Marc et Luc[2] sont dans un groupe classe dont les élèves suivent deux options : les sciences générales et le latin. Il est admis dans l'école que les élèves de ce groupe sont généralement reconnu d'un bon niveau scolaire. L'option « latin » est associée à une démarche spécifique de la part des élèves (et des parents) qui choisissent cette option. Marie

[2] Prénoms d'emprunt.

et Thomas[3] sont dans un groupe classe formé en fonction de l'option scientifique en sciences générales et du cours de langue moderne, anglais. Les élèves de ce groupe classe suivent alors soit un cours de sciences sociales, soit un cours de sciences économiques. Enfin, le cinquième élève choisi, Claire[4], fait partie d'un groupe de sciences dont les élèves proviennent originellement de deux classes différentes. Les élèves de ces deux classes suivent l'option « sciences générales » et ont choisi de suivre deux cours de langues modernes : anglais et néerlandais. Les élèves de la première classe constituant le groupe de sciences suivent le cours de langue moderne anglais depuis deux ans déjà et ont pris comme option une nouvelle langue moderne, le néerlandais. Les élèves de la seconde classe formant le groupe de sciences suivent le cours de néerlandais depuis deux ans déjà et ajoutent en troisième année une nouvelle langue moderne qu'est l'anglais. Ainsi, Claire suit le cours d'anglais depuis deux ans et entame un nouveau cours de néerlandais en troisième année. Nous précisons qu'un tableau de données pour les cinq élèves est présenté ci-après (cf. Tableau 59).

Il est intéressant de relever que dans un cours de sciences générales où le nombre d'élèves est réduit et où ces derniers sont parfois mélangés avec des élèves provenant d'autres classes, le regard de l'enseignant en sciences n'est pas toujours le même que celui de ses collègues. En effet, la dynamique de classe y est souvent différente (par le nombre d'élèves réduit mais également par la didactique des sciences mise en œuvre) et les attitudes individuelles des élèves ne correspondent pas nécessairement à ce qui est observé ailleurs.

L'organisation des cours et du dispositif didactique

Durant la troisième année secondaire, le programme de sciences se découpe en unités d'acquis d'apprentissage (UAA). Ainsi, élèves et enseignants abordent six UAA au cours de l'année : deux UAA en biologie (« UAA1 : Nutrition et transformation d'énergie chez les hétérotrophes » et « UAA2 : Importance des végétaux verts à l'intérieur des écosystèmes »), deux UAA en chimie (« UAA1 : Constitution et classification de la matière » et « UAA2 : La réaction chimique : approche qualitative ») et deux UAA en physique (« UAA1 : Électricité » et « UAA2 : Les fluides »).

Les enseignants de cette école ont réparti ces UAA de la façon suivante durant l'année d'expérimentation :

- UAA1 de chimie
- UAA2 de physique
- UAA2 de biologie (partie 1)
- UAA1 de physique
- UAA1 de biologie
- UAA2 de chimie

[3] Prénoms d'emprunt.
[4] Prénoms d'emprunt.

- UAA2 de biologie (partie 2)

Comme exprimé dans la méthodologie globale de l'étude 3, le début de l'année a permis de former les élèves au dispositif et de tester la plateforme en ligne *J'Apprends Autrement*. L'expérimentation a, dès lors, débuté au mois d'octobre, lors de l'UAA2 de physique portant sur la physique des fluides.

Afin de comparer ces élèves entre eux, nous portons uniquement notre attention sur les pauses métacognitives qu'ils ont tous réalisées. Ainsi, nous portons notre attention sur dix démarches d'investigation (DI) réalisées et vingt pauses métacognitives réalisées. Six DI réalisées lors de l'UAA de physique des fluides et quatre DI réalisées lors de l'UAA d'électricité. Ces 10 DI ont été réalisées entre le 7 octobre 2022 et le 16 février 2023. Nous relevons qu'aucune pause métacognitive réalisée dans le cadre du cours de biologie n'est analysée. Ces pauses ont été menées en mars-avril 2023. Durant cette période, les cinq élèves n'ont pas vécu strictement les mêmes pauses métacognitives, car elles ont été menées dans le cadre d'un accompagnement d'une étudiante en stage. Les pauses en biologie ne sont donc pas comparables entre les cinq élèves emblématiques ; nous choisissons de ne pas porter notre analyse sur celles-ci.

Parmi les dix DI ciblées, comme cela a déjà été précisé dans la méthodologie globale de l'étude 3, nous rappelons qu'elles sont de complexités variables et que cela influence leur mise en œuvre, mais également les pauses métacognitives menées par les élèves. En effet, respectant notre dispositif de mener deux pauses métacognitives par démarche d'investigation, il est constaté que les deux pauses sont souvent menées lors d'un même cours de sciences, dans une même temporalité.

Les élèves emblématiques

Notre étude de cas porte sur l'analyse des discours et des traces écrites de cinq élèves emblématiques.

Ils ont été sélectionnés en fonction de leur implication différente dans le cours de sciences (et dans leur parcours scolaire en général) et en fonction de la quantité de matériau disponible pour en faire une analyse précise. Leur implication a été structurée en trois catégories : faible implication, implication moyenne et grande implication. Celle-ci se traduit de façon factuelle par des résultats différents au terme de l'année, mais est également par un relevé par l'enseignant des attitudes des élèves en classe. Nous signalons que le niveau d'implication proposé est relativement subjectif, bien qu'il repose partiellement sur des résultats scolaires différents (nous sommes également conscients que les résultats scolaires ne sont pas toujours révélateurs de l'implication dans le parcours scolaire), et qu'il n'est révélateur que d'une attitude au moment de l'étude et n'est pas extrapolable à d'autres moments de la scolarité de ces élèves.

Les élèves choisis sont tous les cinq en 3^{e} année secondaire et suivent le cours de sciences générales (à raison de 5h par semaine). Ils suivent tous les cours de Monsieur A mais sont répartis dans trois groupes de sciences différents et proviennent également de trois groupes classes différents.

Relevant une différence de genre au niveau des résultats de l'étude quantitative, bien que ne sachant pas précisément à quoi cette différence est due, il nous semble pertinent de sélectionner des garçons et des filles. Comme cela a été précisé précédemment, nous sélectionnons un garçon impliqué faiblement et qui échoue en fin d'année scolaire (il n'obtient pas les résultats suffisants et les membres du conseil de classe ne lui délivrent pas une attestation A lui permettant de poursuivre sa scolaire en 4e général de transition). Nous n'avons pas le matériau pour une fille dans cette même configuration. Nous sélectionnons alors une fille et un garçon impliqués moyennement. Nous sélectionnons une fille et un garçon révélant une grande implication dans le cours de sciences.

Afin de présenter ces élèves de façon factuelle, voici un tableau reprenant plusieurs de leurs données.

Tableau 59. Données des élèves emblématiques

Élève	Marc	Marie	Luc	Thomas	Claire
Année de naissance	2008	2008	2008	2008	2008
Groupe de sciences	B	A	B	A	C
Classe	1	3	1	3	2
Genre	Garçon	Fille	Garçon	Garçon	Fille
Option en 3e	Anglais / Latin / Sciences	Anglais / Sciences / Sciences sociales	Anglais / Latin / Sciences	Anglais / Sciences / Sciences Économiques	Anglais / Néerlandais / Sciences
CE1D	64	67	76	78	57
CCTT t1	20	33,5	17,5	17	18,5
Stroop t1	1,14	0,60	0,87	1,01	0,95
Nombre d'entrainement au test de Stroop	49	42	59	56	46
Nombre de traces de pauses métacognitives comparables aux 5 élèves	11	11	11	11	11
CCTT t2	20,5	24	22,5	27,5	16
Stroop t2	1,01	1,14	0,81	1,09	1,00
Résultat final en sciences	43,9	56,4	59,1	82,8	70,5
Résultat final en fin d'année	58,26	63,34	63,69	76,03	79,13
Perception de l'implication dans le cours par l'enseignant	+	++	+++	++++	+++++
Passage en 4e année	NON	OUI	OUI	OUI	OUI
Avis a posteriori	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
DI neutralisation	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
DI courant électrique / 1 an plus tard	NON	OUI	OUI	OUI	OUI
Interviews Mars 2023	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI

5.4.2.2. Pause métacognitive et didactique des sciences

L'analyse des productions durant les pauses métacognitives (cf. Annexe 14) et des ressentis des élèves durant cette démarche (cf. Annexe 15, Annexe 16 et Annexe 18) est d'abord réalisée au regard du cadre de la didactique des sciences. En lien avec la didactique des sciences, nous analysons également les productions réalisées lors des deux situations-problèmes proposées a posteriori (cf. Annexe 20 et Annexe 21). Nous structurons cette première analyse en six temps : l'analyse de l'entrée en pause métacognitive avec la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? », l'analyse de la formulation des hypothèses, l'analyse de la formulation des interprétations, l'analyse du dispositif des pauses métacognitives dans son ensemble, l'analyse de la situation-problème en chimie et l'analyse de la situation-problème en physique.

Représentations, connaissances antérieures et question « Qu'est-ce que je sais déjà ? »

Tout d'abord, la production attendue à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » est souvent réduite à sa plus simple expression en ne faisant apparaitre que quelques mots, sans formuler une phrase détaillée et sans établir de liens entre les mots écrits.

Lors de la situation-problème 7, Claire écrit :

frottement, électrostatique, attirer, matière plastique, PVC, force

Pour étayer ce propos, nous observons les productions à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » comme les représentations des élèves au cours du temps et les analysons en fonction de leur classement en « représentation figurative » (+) ou en « représentation explicative » (++) ou absence de production (0) (Orange et Orange Ravachol, 2013 ; Dehon et Derobertmasure, 2016).

Tableau 60. Représentations lors de la phase d'émission d'hypothèses

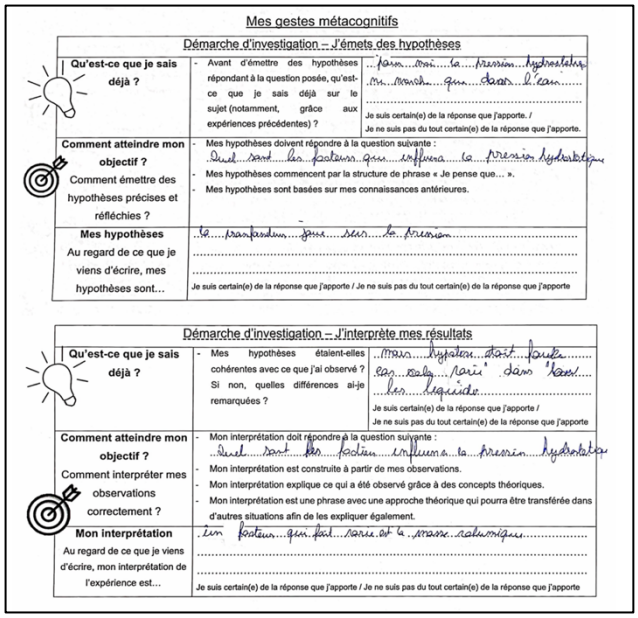
Élève	Temps 1	Temps 2	Temps 3	Temps 4	Temps 5	Temps 6	Temps 7	Temps 8	Temps 9	Temps 10
Marc	++	0	+	++	0	+	0	0	0	0
Marie	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0
Luc	+	+	0	++	0	0	+	0	0	+
Claire	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+
Thomas	++	+	++	+	+	+	+	+	++	++

Tableau 61. Représentations lors de phase d'interprétation

Élève	Temps 1	Temps 2	Temps 3	Temps 4	Temps 5	Temps 6	Temps 7	Temps 8	Temps 9	Temps 10
Marc	+	+	+	0	+	0	0	0	0	0
Marie	0	+	+	+	+	0	+	+	0	0
Luc	+	+	0	+	+	0	+	0	0	0
Claire	+	+	+	+	++	+	0	+	0	+
Thomas	+	+	+	+	+	+	0	0	0	+

Afin d'illustrer ces classements, nous présentons les traces réalisées par Marc lors des situations-problèmes n°3, n°4 et n°5 (cf. Figure 40, Figure 41 et Figure 42).

Figure 40. Traces réalisées par Marc lors de la situation-problème n°3



Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?
- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?

Dans moi la pression hydrostatique on monte que dans l'eau
Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. /
Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.

Comment atteindre mon objectif ?
Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?
- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante :

Quel sont les facteurs qui influence la pression hydrostatique
- Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ».
- Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.

Mes hypothèses
Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…

Je pense la profondeur pour sur la pression
Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?
- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?

Mais hypothèse était fausse car en réalité pas dans l'eau mais liquide
Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte /
Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Comment atteindre mon objectif ?
Comment interpréter mes observations correctement ?
- Mon interprétation doit répondre à la question suivante :

Quel sont les facteur influence la pression hydrostatique
- Mon interprétation est construite à partir de mes observations.
- Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques.
- Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.

Mon interprétation
Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…

Les facteur qui font varier et la masse volumique
Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Figure 41.Traces réalisées par Marc lors de la situation-problème n°4

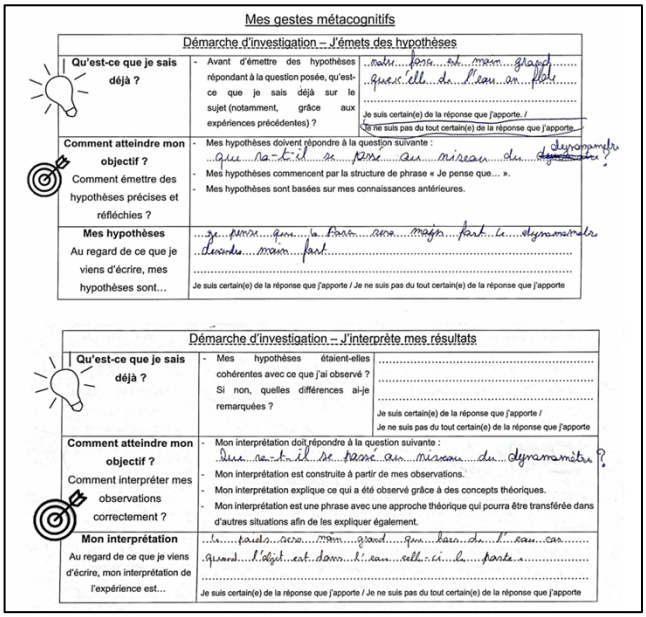
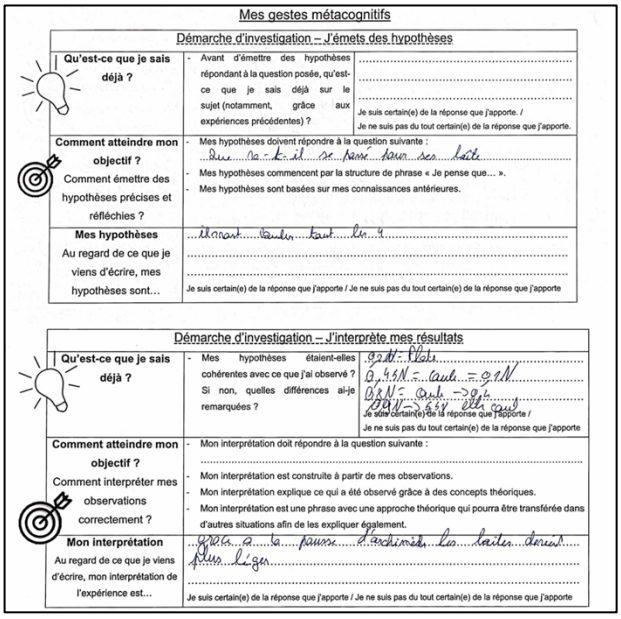


Figure 42. Traces réalisées par Marc lors de la situation-problème n°5



En observant les tableaux précédents (cf. Tableau 60 et Tableau 61), nous ne constatons pas une évolution de l'expression des représentations dans le temps pour les cinq élèves

suivis. Nous observons davantage de mots utilisés chez les élèves les plus impliqués mais nous ne pouvons pas dire qu'elles sont de meilleure qualité. L'analyse complexe de ce dispositif est que les représentations portent sur des concepts différents et ne sont donc pas équivalentes.

Marc relève que la démarche des pauses métacognitives n'est pas facile à réaliser. Il exprime que l'expression écrite est un frein. Il nuance sa réponse en fonction de ses connaissances antérieures sur le sujet étudié.

Il y a en certaines, elles sont faciles, et d'autres, moi, je n'y arrive pas souvent à exprimer ce que je veux dire. Par exemple, j'ai l'idée mais je n'arrive pas à la mettre par écrit. (…) Quand je connais plutôt bien, ça va, parce que je me souviens de ce que j'avais déjà écrit quand on l'a déjà vu, mais sinon, quand on ne connait pas, c'est dur.

Au travers de son expression, il nous semble que Marc ne conçoit pas qu'il a des représentations initiales sur tous les concepts abordés durant le dispositif. Nous supposons que sa difficulté provient du manque de lien entre ses connaissances. Il ne semble pas relier une connaissance antérieure, même basique, avec un terme employé dans le cours en 3e année.

Concernant le dispositif même, Marc ne trouve pas la question d'introduction de la pause métacognitive profitable pour son raisonnement. À l'inverse, il souligne comme véritable intérêt la discussion avec l'ensemble de la classe au terme de la pause métacognitive (voir ci-après).

Pour Marie, la question d'introduction « Qu'est-ce que je sais déjà ? » n'est pas pertinente pour mieux réaliser la suite de la démarche.

Non, parce que ce que je sais déjà, je l'écris ou pas, ça sert à rien. Si je le sais, je le sais. C'est à chaque fois expliqué. Si je sais que je m'appelle Marie, je n'ai pas écrit que je m'appelle Marie.

Luc, comme Marc, exprime que mener une pause métacognitive n'est pas évident et met en lien l'aisance à répondre aux questions durant la pause métacognitive avec les connaissances antérieures sur le sujet.

(…) si on a déjà un peu parlé du sujet auparavant, par exemple, par rapport à l'électricité ou quoi, on a un peu plus de facilité à répondre. Quand c'est un sujet, par exemple, les nutriments ou quoi, si on nous pose des questions au tout début, on ne saurait pas forcément répondre aussi aisément que si c'est l'électricité, par exemple.

Concernant la structure de la pause métacognitive et la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » pour introduire la pause, Luc répond ceci :

Honnêtement, je ne réponds pas souvent. Parce que souvent, les thèmes abordés sont un peu des... nouveaux trucs. Et je trouve que... au début, quand on est en début de chapitre, je trouve qu'on ne pense pas forcément à ce qu'on a vécu dans la vraie vie. On n'a pas vraiment l'impression que c'est à cause de ce phénomène-là et tout ça. C'est plus après, je trouve.

Luc exprime très clairement la difficulté d'établir des liens entre les représentations et la thématique nouvelle formalisée avec du vocabulaire plus ou moins spécifique. Il ne dit pas qu'il n'a pas de représentations initiales sur le sujet, il exprime la difficulté de faire émerger les « bonnes » représentations en lien avec la question posée. Il exprime que, pour lui, la démarche est plus facile dans un second temps, quand les concepts ont déjà pu être un peu formalisés. Il exprime également que la démarche devient plus facile au fur et à mesure de l'année.

Oui, car les sujets vus en fin d'année étaient plus simples que ceux vus en début d'année.

Luc met l'accent sur une difficulté des concepts abordés qui aurait été décroissante durant l'année, ce qui aurait favorisé des pauses métacognitives plus complexes en début d'année et plus faciles en fin d'année. Cette idée est intéressante car, bien qu'il ne soit pas évident de juger de la complexité d'une notion abordée, nous pouvons néanmoins commenter les différents chapitres abordés. Ainsi, la démarche des pauses métacognitives a véritablement débuté lors de l'unité d'acquis d'apprentissage de physique des fluides. Bien que ce chapitre aborde d'abord un concept déjà étudié l'année précédente (la pression), il aborde des concepts nouveaux (la pression hydrostatique et la force d'Archimède) et l'outil mathématique y est très présent. En effet, ces concepts, au-delà de l'approche qualitative, sont abordés avec une approche quantitative et la découverte de plusieurs formules de physique, comme $F_A = \rho . g . V$. L'égalité des forces pour comprendre la flottabilité d'un corps est exploitée lors de problèmes à résoudre. Il est indéniable que ces approches de la physique sont nouvelles pour les élèves et peuvent paraitre plus complexes. À l'inverse, le dispositif de recherche s'est terminé avec l'UAA portant sur l'alimentation équilibrée et le concept de digestion chez l'humain. Ces notions ont déjà été largement découvertes par les élèves en première année secondaire (et sans doute en primaire) et sont abordées avec un peu plus de précisions au regard des phénomènes chimiques en jeu. Ce chapitre ne mobilise pas l'outil mathématique et peut-être paraitre plus concret pour les élèves. Ces éléments en feraient un chapitre plus facile pour eux.

À l'inverse des élèves précédents, Claire trouve qu'introduire la pause métacognitive avec la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » est efficace.

Oui, parce que ça peut influencer notre réponse, du coup. Si on sait plus de choses, dans notre réponse, elle sera plus complète et peut-être plus juste.

Elle y fait également le lien avec l'importance des connaissances antérieures, comme les élèves précédents. Elle précise que réfléchir à une réponse à cette question l'aide à formuler de meilleures hypothèses ou interprétations.

Je trouve que ça aide. Parce que si tu te concentres en disant « qu'est-ce que je sais déjà ? », tu vas repêcher des idées d'il y a longtemps et tu te concentres vraiment là-dessus pour après faire une hypothèse en fonction de ce qu'on sait. Tandis que si on fait directement une hypothèse, on aura une idée, mais il y en aura peut-être plusieurs. On pourrait faire une plus grosse hypothèse et mieux.

À savoir si cette étape de pause métacognitive l'aide à proposer de meilleures hypothèses ou interprétations, Thomas est nuancé. Il relève surtout la démarche comme une perte de temps.

C'est vrai que oui, parce que dans le cours, tu ne peux pas toujours exprimer ce que tu veux, ton hypothèse et tout, parce qu'on n'a pas vraiment le temps. C'est vrai qu'on perd un peu du temps à cause de ça.

Marie n'est pas convaincue de l'intérêt de mener une pause métacognitive pour produire de meilleures hypothèses ou interprétations.

Mais non, dans le sens où il y a des fois où on perd du temps alors qu'on pourrait simplement en parler parce que c'est peut-être quelque chose de plus simple ou c'est plus facile à dire qu'à écrire.

Nous relevons une différence entre les représentations formulées avant la production d'hypothèses et avant la production d'interprétations. Bien que les élèves produisent des réponses dans les deux situations, nous relevons que les productions préalables à l'interprétation sont très succinctes. Nous relevons que les élèves écrivent les résultats de l'expérience menée, qu'ils écrivent à nouveau les mêmes hypothèses que celles précédemment formulées ou n'hésitent pas à noter une astérisque renvoyant à ce qu'ils ont précédemment écrit. La proximité temporelle de ce deuxième temps de pause métacognition durant la même démarche d'investigation, en respectant la même structure de déroulement (répondre aux mêmes questions individuellement) questionne. Cette deuxième étape, bien que nécessaire au regard des résultats de l'étude 2, ne semble pas aussi efficace qu'escompté. Néanmoins, sans chercher à relier l'écrit des élèves à une forme d'efficacité, cette étape est peut-être nécessaire pour faire évoluer leurs représentations.

Formulation d'hypothèses

La formulation des hypothèses ne semble pas tant s'appuyer sur les représentations que l'on demande de verbaliser à la question précédant l'émission d'hypothèses que sur les connaissances antérieures des élèves en général. Il nous semble que le premier facteur de facilitation de production d'hypothèses, au-delà de leur véracité ou non, repose sur les connaissances antérieures, la proximité de l'élève avec le concept étudié. Marc et Luc soulignent également cela.

Marc exprime ceci :

Quand je connais plutôt bien, ça va, parce que je me souviens de ce que j'avais déjà écrit quand on l'a déjà vu, mais sinon, quand on ne connait pas, c'est dur.

Effectivement, lors de la situation-problème n°1 portant sur l'expérience de Torricelli et faisant référence à la pression atmosphérique déjà abordée en 2e année secondaire, les élèves écrivent ceci.

Marc ne formule pas d'hypothèse, bien qu'il ait répondu ceci à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » :

Il ne va rien se passer, car le mercure va pousser le mercure contre le bac.

À la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? », Luc répond :

Mercure est un métal et … (mot illisible).

Il formule l'hypothèse suivante :

Je pense que l'air va appuyer sur la cuvette de mercure et va exercer une pression contrairement à l'intérieur du tube ou il n'y a pas d'air donc le mercure va rester dans le tube.

Marie ne répond pas à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » et formule l'hypothèse suivante :

Le mercure ne va pas s'écouler, car l'air exerce une pression sur la cuve et pas sur le tube.

À la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? », Claire écrit :

Dans un tube à essai, il y a du mercure (Hg). La pression appuie sur le liquide.

Elle formule l'hypothèse suivante :

Je pense (que) *dans le tube, le mercure ne descend pas, car à cause de la pression à l'extérieur du verre, celle-ci pousse le liquide dans le verre et la pression qui est déjà dans le verre pousse le liquide vers le bas donc celui-ci reste au milieu.*

Enfin, à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? », Thomas répond :

Le mercure exerce une pression et l'air aussi.

Son hypothèse est :

Je pense (que) *l'air va rester dans le récipient pendant un moment, puis il va sortir, car sa pression va prendre le dessus sur la pression atmosphérique. Mais cela dépendra de leur pression.*

Au-delà de la précision de réponse des élèves, ils ne semblent pas mettre en lien leurs représentations et les hypothèses qu'ils formulent.

Cependant, Luc admet que de prendre le temps de réfléchir, même si cela est ennuyeux, est bénéfique pour sa formulation d'hypothèses.

Ça a beau nous ennuyer un peu de le faire, mais je trouve que c'est vraiment utile, je crois. Parce que les hypothèses qu'on émet, elles sont quand même réfléchies, ce qui est différent de d'habitude.

Formulation d'interprétations

Durant la pause métacognitive précédant la formulation des interprétations, les élèves doivent formuler les représentations (potentiellement nouvelles) qu'ils utilisent pour formuler leur interprétation. À la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » sont ajoutées des sous-questions fermées plus précises pour guider la réflexion des élèves telles que « Mes

hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Sinon, quelles différences ai-je remarquées ? ». Nous observons que les élèves ne produisent pas une trace de leurs représentations à mobiliser, mais se focalisent davantage sur ces sous-questions et répondent dès lors de façon très lacunaire.

Ainsi, lors de la situation-problème 8, Marc et Luc n'écrivent rien à cette question ; Marie écrit :

Non, le PVC était repoussé et avec le verre, il était attiré.

Claire écrit :

Presque, les tubes bougent.

Thomas écrit :

Oui ±

Ces productions reflètent le fait que les élèves se sont focalisés sur la sous-question fermée, plus facile à répondre que sur la question plus globale nécessitant de faire une synthèse des concepts mobilisés pour produire l'interprétation. Nous observons que l'implication perçue de l'élève dans le cours de sciences n'a pas influencé la façon dont la réponse est formulée.

Dans les espaces pour produire leurs réponses, les élèves disposent de deux affirmations à entourer ou à souligner afin de mettre en lumière leur degré de certitude concernant la réponse qu'ils formulent. Nous observons que seule Claire réalise cette étape pratiquement lors de chaque formulation de réponse. Cette absence de réponse chez les autres élèves peut souligner plusieurs choses. Tout d'abord, l'enseignant n'a peut-être pas assez insisté sur l'intérêt de cette étape et la démarche d'auto-évaluation que celle-ci mobilise. Ensuite, cela peut être par manque d'intérêt chez les élèves parce qu'ils ne comprennent pas les bénéfices de passer par cette étape.

Nous relevons également qu'ils écrivent des résultats de recherche de façon brève, comme Thomas lors de la situation-problème 5 :

1 → 0,6N

0,8N → 0,4N

0,5N → 0,1N

0,2 → Flotte

Nous nous attendions à ce que l'élève puisse mettre en relation son observation avec ses représentations antérieures. Ainsi, Thomas précisait dans ses hypothèses :

Je pense qu'elles vont toutes diminuer mais certaines vont couler mais d'autres vont flotter.

Nous pensions qu'une forme de généralisation aurait pu émerger à cette étape, critiquant l'hypothèse formulée, telle que « Je peux préciser mon hypothèse de départ. Le poids des

boîtes diminue lorsqu'elles sont immergées dans de l'eau. La diminution constatée est identique pour chaque boîte. Tant que le poids apparent dans l'eau n'est pas de 0 N, les boîtes continuent de couler ». Nous relevons que cette étape intermédiaire se rapproche de ce que Thomas a écrit ensuite à l'étape de l'interprétation :

L'eau du berlin exerce une force de minimum 0,4N. Ca a coulé pour tous sauf le 0,2N, car lui avait une force de 0,2N et l'eau 0,4N et les autres 0,5N, 0,8N, 1N.

Dans cette interprétation, Thomas met en lien ses observations, mais l'expression de sa pensée est approximative. Nous observons que Claire a proposé une réponse identique à celle de Thomas à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? ». Cependant, elle a produit une réponse plus précise comme interprétation. Elle écrit ceci :

Je pense que les boîtes dans l'eau ont un poids moins élevé, entre le départ (ex : 1N) et l'arrivée (ex : 0,6N). On a fait tout le temps -0,4N grâce à la poussée d'Archimède.

En réponse à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? », Marie reprend également les valeurs mesurées lors de l'expérience réalisée. Elle propose ceci comme interprétation :

La force diminue car l'eau et la boîte ont de force qui s'oppose et celle de l'eau est plus forte que de la boite.

Dans sa production, comme reflet de ses représentations, Luc reprend également les valeurs mesurées lors de l'expérience, mais n'écrit ensuite rien comme interprétation.

Comme pour les autres élèves, Marc écrit les valeurs mesurées comme réponse à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » et il écrit comme interprétation :

Grâce à la poussée d'Archimède, les boîtes deviennent plus légères.

Nous avons l'impression que la réponse formulée à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » n'est pas utilisée pour formuler l'interprétation qui suit.

Analyse du dispositif global des pauses métacognitives

Finalement, les élèves se sont exprimés sur le dispositif vécu en répondant à trois questions.

La première question est : As-tu trouvé qu'il était plus facile de répondre aux questions métacognitives au fur et à mesure des cours?

Marc :

Oui car on s'exprimait plus facilement.

Marc relève ici une forme d'habitude à s'exprimer qui se prend au fur et à mesure de l'année. Il y aurait une forme d'entrainement à verbaliser ses pensées et cela rendrait la démarche de plus en plus évidente durant l'année.

Claire :

Oui, car on a déjà plus de connaissances qu'en début d'année. On sait plus facilement se concentrer car on a l'habitude de le faire.

Claire, quant à elle, exprime que la démarche est de plus en plus facile à réaliser, car elle dispose également de davantage de connaissances. Les connaissances plus construites, plus récentes faciliteraient les pauses métacognitives. Enfin, elle met en lumière également l'entrainement suivi et les habitudes prises qui sont des aides pour mener les pauses métacognitives plus facilement.

Thomas :

Non.

Marie :

Non, c'est resté pareil que [au] début d'année car c'est toujours le même principe. C'est ni plus dur ni plus facile.

Marie et Thomas précisent que la complexité ne varie pas au cours du temps.

La seconde question est : La feuille reprenant les questions et sous-questions métacognitives t'a-t-elle aidé à réaliser les pauses métacognitive?

Marc :

Oui.

Claire :

Oui, car nos idées sont structurées. Une fois écrit c'est plus facile d'en parler oralement.

Pour Marc et Claire, le document créé est une aide. Néanmoins, ils ne précisent pas si la structure des questions est véritablement une aide ou si un document contenant une seule question aurait convenu également.

Marie :

Non, car je trouve qu'on n'avait pas assez de place pour pouvoir écrire nos réponses complètes.

Luc :

Non, et je n'ai pas souvent répondu à la question « qu'est-ce que je sais déjà ? » car je me répétais dans la partie des hypothèses.

Thomas :

Non.

Marie nuance en précisant que cela n'a pas été une aide pour elle, car le document ne donnait pas assez de place aux réponses. En effet, nous avons fait le choix de structurer le document d'une certaine façon. Or, nous constatons que ce format ne fait pas l'unanimité. Luc trouve qu'il y a une redondance et justifie son absence de réponse par cette redondance. Nous pouvons souligner que cette explication, outre le format qui ne semble pas idéal, est

également un signe d'un manque de compréhension de la démarche menée et de l'importance que nous attachons à réaliser une production des représentations pour produire l'hypothèse.

La troisième question est : Suite aux différentes temps de pause métacognitive vécus, penses-tu à des façons d'améliorer ce que tu as vécu?

Thomas :

Il faudrait réduire le nombre.

Luc :

Je trouve ça trop ennuyeux car ça se répète toute l'année mais le point positif c'est lorsque avec la stagiaire on a fait oralement ce qui changeais et rendait ça plus attirant.

Luc souligne le caractère ennuyeux de la démarche.

(…) c'est toujours le même système. Et je trouve ça un peu ennuyant. Au début, on était fort contents de le faire. Et puis, faire à mesure de chaque fois, réécrire l'hypothèse, refaire.

Nous avons fait le choix de ne proposer qu'une seule démarche se répétant lors de chaque pause métacognitive, afin d'observer si des habitudes peuvent être prises après une telle répétition. Au-delà de l'intérêt de prendre une habitude à réaliser la pause métacognitive, nous observons que l'ennui de la répétition reste important, comme cela a été observé lors de l'étude 2.

Marc :

Oui, faire plus par oral.

Marie :

Supprimer la partie « qu'est-ce que je sais déjà ? » ou bien le faire à l'oral car lorsque on émet des hypothèses on pense naturellement à ce qu'on sait déjà. Et peut-être accorder plus de temps à l'oral qu'à l'écrit.

Claire :

Je trouve que c'est bien de pouvoir procéder à l'écrit et à l'oral.

Nous relevons que Thomas propose de réduire le nombre de pauses métacognitives. Cette observation est en accord avec l'analyse des traces écrites. Lorsque les pauses métacognitives se succèdent trop rapidement, il y a un désengagement qui apparait, les élèves répondent moins ou de façon plus succincte. Luc relève l'ennui généré par ce dispositif se répétant régulièrement. Tout comme Marc, Marie et Claire, il souligne l'intérêt de varier la méthode de collecte de traces lors de la pause métacognitive. En effet, lors de l'UAA de biologie sur l'alimentation équilibrée, certains élèves ont eu l'opportunité de réaliser des pauses métacognitives uniquement oralement. Ces élèves avaient les mêmes questions auxquelles répondre mais, au lieu d'écrire leurs productions sur le document classique, ils ont enregistré leur voix à l'aide du dictaphone d'une tablette numérique (individuellement). Cette expression orale plutôt qu'écrite semble avoir été bénéfique pour certains élèves. Au-delà de

l'analyse fine que l'on peut réaliser de cette autre modalité, nous soulignons l'argument avancé par Luc, « on a fait oralement ce qui changeais et rendait ça plus attirant. » Claire souligne l'intérêt de pouvoir allier les deux approches.

Situation-problème en chimie, la neutralisation

Au terme du dispositif, dans le cadre du dernier chapitre de chimie de l'année portant sur différentes fonctions chimiques et les réactions entre elles, les élèves ont été amenés à réaliser une démarche d'investigation en autonomie. Cette démarche d'investigation porte sur le réinvestissement de la notion de neutralisation d'un acide par une base. Les élèves sont amenés à produire un mode opératoire qu'ils vont devoir ensuite appliquer afin de prouver qu'une neutralisation se produit lorsque l'on met en présence un acide et une base. Les productions des élèves emblématiques sont reprises en annexe (cf. Annexe 20). Nous relevons qu'aucun mode opératoire décrit ne permet d'atteindre l'objectif demandé, bien que les élèves aient les connaissances nécessaires et tous les outils à disposition pour réaliser cette tâche. Ils font preuve d'une précision plus ou moins importante en choisissant les termes pour décrire les étapes à suivre. Par exemple, Marc propose comme première étape « mélanger l'eau, l'acide chlorhydrique et les enzymes dans le berlin ». Nous relevons plusieurs erreurs comme l'emploi d'un berlin pour réaliser l'expérience, alors que l'usage aurait voulu qu'au regard des volumes utilisés habituellement en classe, il propose l'emploi d'un tube à essai. Il propose un mélange de trois substances sans en préciser les volumes respectifs, or cela a de l'importance dans ce genre de réaction chimique. Enfin, il utilise le terme « enzyme ». Ce terme a été découvert lors d'un chapitre de biologie, quelques mois auparavant, mais il n'a pas été utilisé dans le cadre du cours de chimie. Nous supposons que Marc fait ici écho à l'emploi d'un indicateur coloré. Les observations et la conclusion sont ici des suppositions. Marc s'attend à observer cela. Nous observons que Marc n'utilise pas les notions qu'il a apprises durant ce chapitre de chimie. Il ne fait pas référence aux indicateurs colorés ni à leur changement de couleur en milieu acide ou basique. Comme observé lors des pauses métacognitives, Marc semble peu utiliser les concepts découverts précédemment lorsqu'il exprime une hypothèse. En effet, lors de la situation-problème 10 portant sur la notion de circuit ouvert ou fermé, Marc n'exprime pas faire référence à des notions vues un an plus tôt, lorsqu'il était en 2e année. Il propose une explication cohérente et correcte, mais n'emploie pas les termes adéquats relatifs aux sciences. Il écrit ceci « Dans le circuit en parallèle, je pense que la deuxième ampoule va rester allumée car il y aura contact entre elle et le générateur. Tandis que dans le circuit en série, l'ampoule va s'éteindre, car il y aura un trou dans le circuit et le courant ne passera plus. De la même façon que Marc n'utilise pas les termes « ouvert » ou « fermé » mais emploie le terme « trou », il ne fait absolument pas référence aux indicateurs colorés découverts au cours de chimie découverts quelques heures avant la démarche d'investigation.

À l'inverse, Marie, bien que son mode opératoire manque de précision pour atteindre son objectif, utilise les concepts découverts précédemment pour imaginer les observations et conclusion attendues.

Claire fait preuve d'une grande imprécision dans son travail et n'atteint pas l'objectif fixé. Elle ne complète pas les observations et la conclusion du rapport de laboratoire. Des erreurs sont présentes dans les étapes de son mode opératoire, comme l'utilisation d'un volume de 4 mm^3 de chlorure d'hydrogène. Ce volume, trop petit dans notre contexte scolaire, n'est pas cohérent. Elle aurait dû écrire « 4 cm^3 ». Une telle production interpelle, car elle ne correspond pas à un travail abouti tel que cette élève est capable de le réaliser. Nous supposons qu'il s'agit d'une preuve d'un manque de valeur attribué à la démarche et donc à un désengagement dans celle-ci en fin d'année. Cette démarche d'investigation a été réalisée le 1er juin 2023, durant les dernières heures du cours de sciences, avant la session d'examen. Peut-être n'était-elle plus pleinement concentrée sur la démarche, ce qui justifie un tel décalage avec les productions précédentes.

Thomas met en lien l'indicateur coloré avec une couleur possiblement observée, mais ne répond pas à l'objectif fixé. Nous relevons néanmoins qu'il est capable d'utiliser des termes relatifs aux sciences, tels que « solution » ou « tube à essai ».

Luc propose une réponse plus aboutie que les autres, bien qu'il ne questionne pas les quantités de substances à mettre en présence. Il propose de conserver des tubes témoins, afin de relever la différence avec la réaction chimique mise en évidence. Dans son schéma et ses observations, il établit le lien entre les substances et les couleurs à observer. Il est à noter que Luc a travaillé en binôme pour réaliser cette démarche d'investigation. L'autre élève du binôme, non ciblé dans cette étude, est un élève studieux qui a pu apporter une certaine structure au travail de Luc.

Nous relevons, au terme de cette analyse de productions, qu'il est difficile de les mettre en relation avec le dispositif vécu. Les traces écrites ne sont pas révélatrices d'une démarche métacognitive mise en œuvre. Néanmoins, nous soulignons que, même dans une telle démarche, alors que les concepts matières inhérents ont été découverts quelques heures auparavant et que le cours reprenant ces concepts est accessible durant toute la démarche d'investigation, les élèves y font peu référence lorsqu'ils produisent une réponse. Cette observation peut permettre de remettre les résultats des pauses métacognitives en perspective. En effet, alors que les concepts à mobiliser ont été découverts dans une même temporalité que la démarche d'investigation menée et sont accessibles au moment de sa réalisation, les élèves y font peu référence. Nous pouvons envisager qu'il est encore plus difficile de mobiliser des concepts découverts plusieurs années auparavant ou même découvert d'un contexte parascolaire.

Situation-problème en physique, le courant électrique

En avril 2024, un peu moins d'un an après la fin du dispositif didactique, les élèves ont été interrogés à partir d'une vidéo diffusée en classe présentant une expérience fallacieuse d'électricité. La vidéo et le document à compléter questionnent l'expérience présentée, mais n'indiquent en rien qu'il s'agit d'un montage vidéo et donc, d'une manipulation fausse. Néanmoins, à l'aide des concepts du cours d'électricité découverts en 2e année secondaire et revus et approfondis en 3e année, les élèves disposent des connaissances nécessaires pour analyser la vidéo et y déceler un non-respect d'un concept découvert. Sur le document à

compléter, il est précisé que la vidéo porte « sur des notions d'électricité découvertes en 3e année ». Ainsi, même si l'élève est tenté de croire que la vidéo présente un phénomène d'électromagnétisme non étudié, il est écrit que ce n'est pas le cas. Parmi les cinq élèves emblématiques, Marc n'ayant pas reçu une attestation favorable en fin de troisième année n'est pas en quatrième au sein de l'école et n'a, dès lors, pas réalisé ce test a posteriori. Les productions des élèves sont présentées en annexe (cf. Annexe 21).

Nous observons que Luc et Marie utilisent des concepts d'électricité pour proposer une réponse. Marie utilise la conductivité des métaux pour expliquer un déplacement de charges, mais ne met pas cela en lien avec le mouvement de la pièce et ne relève pas le fait que le générateur électrique, les piles, n'est pas connecté à ses deux bornes. Luc utilise également le déplacement de charges dans les métaux et met cela en lien avec la force d'attraction entre des charges de signes opposés.

Je pense que la pièce est – et que vu que la pile du côté + disperse son « électricité » dans les fourchettes comme + et – s'attirent la pièce est attirée par partout et donc tourne sur elle-même sans fin.

Il n'emploie pas le terme « charge » mais parle de « pôle » issu du magnétisme. Il est intéressant de constater que Luc utilise des représentations liées aux sciences mais en fait un mélange pour produire son explication. Luc ne fait pas référence aux pauses métacognitives et ne constate pas le piège de la vidéo.

Claire propose une explication centrée sur le magnétisme en lien avec la pile.

Grâce au côté positif de la pile placée sur la fourchette, les 2 éléments métalliques vont être magnétiques entre eux et se toucher. La pièce au centre va donc bouger car de chaque côté du carré, les forces magnétiques produites par les piles sont égales (=). C'est pourquoi la pile va tenir en équilibre et tourner sur elle-même. Elle est attirée de la même manière, de tous les côtés.

Outre le fait que son explication soit fausse, elle ne repose sur aucune notion d'électricité découverte en troisième année. À la question quatre, « lors de l'observation de la vidéo et pour répondre à ces questions, as-tu utilisé une démarche apprise/un outil exploité(e) l'année dernière ? », Claire répond ceci :

Oui, les pauses métacognitives. Cela me rappelle de ne pas aller trop vite dans ma démarche mais de bien réfléchir à ce que je connais déjà pour m'aider. Prendre le temps d'observer et d'interpréter la situation. Cette méthode m'aide.

Les réponses aux questions trois et quatre dénotent. En effet, bien que Claire exprime le fait qu'elle se souvient de ce qu'est une pause métacognitive et qu'elle exprime que cette démarche l'aide (cela veut dire qu'elle applique la démarche), elle ne semble pas la mettre en œuvre dans les questions précédemment posées. Nous soulevons la question qu'elle a peut-être réalisé la démarche dans sa tête. Néanmoins, il y a un écart entre sa perception, ce qu'elle exprime et ce qu'elle réalise réellement.

Thomas reflète une autre maitrise dans ce test a posteriori. Thomas n'établit aucun lien avec la démarche des pauses métacognitives vécues. Néanmoins, il transparait dans ses réponses, une analyse poussée de ce qu'il observe. À la question deux, « Qu'est-ce que je sais déjà ? », Thomas ne répond pas par ce qui est attendu. Il ne produit pas un texte étant le reflet de ses représentations mais il propose directement ses hypothèses. Cette observation est en accord avec ce qu'il a déjà annoncé à d'autres moments du dispositif. Thomas estime que ses représentations se retrouvent dans ses hypothèses et il ne ressent pas le besoin de les exprimer au préalable. Néanmoins, en analysant ses hypothèses, nous relevons que celles-ci se fondent sur des représentations fausses ou grandement imprécises.

J'ai 2 hypothèses :

Soit le champ magnétique se transmet (un à une ?) entre les fourchettes, puis il se transmet sur la matière où est posée la pièce.

Soit la vidéo est un montage, car déjà si la matière où est posée la pièce est du bois, l'énergie ne se transmet pas. La personne a donc juste fait un montage et a enlevé les piles quand la pièce allait tomber.

Nous lisons que Thomas utilise une notion de magnétisme, non découverte en 3e année mais peut-être abordée dans un contexte personnel, mais qui est erronée. Il emploie également l'idée que « l'énergie ne se transmet pas dans le bois ». Cette affirmation fait sûrement écho aux matériaux isolants, tel que le bois, empêchant le déplacement de charges électriques. Ainsi, son hypothèse correcte précisant qu'il s'agit d'un montage vidéo, repose sur la caractéristique d'isolant électrique du bois. Bien que cette caractéristique du matériau soit vraie, elle n'explique pas l'erreur du montage électrique dans cette vidéo. Nous soulevons le questionnement suivant. Thomas est un élève présentant en général de bonnes connaissances des sciences. S'il avait été forcé de prendre le temps de lister ses connaissances antérieures (en répondant à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? »), aurait-il pu formuler des hypothèses reposant sur un raisonnement plus correct et le menant à la même conclusion ?

5.4.2.3. Pause métacognitive et approche socioconstructiviste

Les cinq élèves interrogés ont un regard relativement identique sur la discussion réalisée en groupe classe pour clore la pause métacognitive.

Luc souligne la richesse du temps d'échanges en groupe classe :

Et avec leurs idées, on peut aussi améliorer notre deuxième hypothèse.

Marc, quant à lui, souligne deux intérêts à ce temps de discussion : le partage de connaissances telles quelles, mais également le partage de raisonnements et de stratégies appliquées pour émettre des hypothèses ou formuler des interprétations (« comment ils réfléchissent ») :

Parce qu'on peut savoir ce que les autres ont trouvé, comment ils réfléchissent.

Claire propose une réflexion comparable à celle de Marc. Elle relève l'intérêt d'un partage de connaissances, d'avis, mais également d'un partage de réflexions et de façons de réfléchir.

Moi je suis d'accord aussi, voir les avis des autres parce qu'on n'a pas tout le temps les mêmes réflexions, on ne réfléchit pas de la même façon et donc on a des trucs différents à la fin. Je trouve ça intéressant aussi de savoir.

Marie explique que la discussion en groupe classe au terme de la pause métacognitive est enrichissante.

Moi, je trouve que c'est important pour les hypothèses. Comme Sophie[5] *l'a dit, comme ça, on peut mettre en commun et avoir plusieurs avis. (…) Je me dis que je n'avais pas pensé à ça, mais je suis d'accord avec ça.*

Elle souligne également préférer l'expression orale à l'expression écrite. Ce temps de discussion permet de lever la difficulté de l'écrit :

Je trouve que c'est mieux de dire que d'écrire. Enfin... Écrire, moi, je n'arrive pas à développer. Je sais mon idée, mais je n'arrive pas à l'écrire. Mais si je la dis, c'est plus facile déjà.

Enfin, Thomas, comme les autres élèves de cette étude, relève l'importance de la discussion avec la classe pour conclure la pause métacognitive.

- *Pensez-vous qu'il s'agit d'un moment important justement dans la démarche ?*
- *Surtout pour les hypothèses je crois, parce que tu peux dire ton idée, ton avis et tout.*
- *Et tu dis surtout les hypothèses, ça veut dire que pour toi, au moment de l'interprétation, c'est moins intéressant de partager ce que tu écris ?*
- *On vient de le dire avant, on l'a dit un peu dans l'expérience, parce que pendant les expériences, on parle un peu, donc on l'a un peu dit sur les interprétations, donc tout le monde le sait, donc normalement t'as plus ou moins la même interprétation, t'as vu la même chose que les autres, donc tu devrais normalement avoir la même interprétation que les autres. (…) Quand tu entends les autres, tu te dis, ah oui, ça, j'ai oublié, peut-être que je rajoute après. Du coup, tu rajoutes dans les interprétations.*

Pour Thomas, le partage d'idées lui semble plus profitable au moment de l'émission d'hypothèses, car, selon lui, il y a davantage de divergence d'idées à ce moment-là de la démarche d'investigation. Il en ressort que le débat est plus riche. À l'inverse, il souligne qu'au moment de la formulation de l'interprétation, tous les élèves, selon lui, ont vécu la même recherche et ont, a priori, observé les mêmes résultats. Il en ressort que la discussion est moins riche. Cette réflexion peut être discutée. En effet, bien qu'une expérience identique soit menée, des élèves peuvent en récoltée des données plus ou moins différentes (en fonction

[5] Prénom d'emprunt.

des éléments qu'ils considèrent importants) et, dès lors, en proposer une interprétation différente.

Les cinq élèves que nous avons interrogés estiment qu'ils ont une certaine aisance pour exprimer leurs idées en classe lors des pauses métacognitives. Cette information est à prendre en compte, car cela signifie que la discussion en groupe et les échanges avec les pairs ou l'enseignant, n'est pas une source de stress et ne les empêchent pas de s'exprimer. Ils prennent part à cette partie socio-constructiviste de la démarche. Pour les cinq élèves au cœur de cette analyse, la discussion qui découle de la partie de la pause métacognitive menée individuellement est véritablement intéressante et positive. Ils soulignent l'importance de partager leurs idées avec les autres élèves de la classe. Tous pensent que le rôle de l'enseignant est essentiel lors des discussions pour améliorer leurs idées. Ce constat est très intéressant à mettre en perspective avec les données précédentes, essentiellement pour les élèves qui attribuent peu de valeur à la pause métacognitive. Nous émettons l'hypothèse que le dynamisme des discussions et des échanges d'idées leur a apporté davantage de satisfaction et leur a peut-être permis de prendre conscience de façon plus claire de l'écart entre leurs représentations et celles des autres élèves ou même, de les questionner avec l'aide de l'enseignant. Par contre, le temps de pause métacognitive individuel ne leur a pas permis une prise de conscience si nette et ils n'en voient dès lors pas l'intérêt. Il serait intéressant de savoir si la richesse des discussions qu'ils soulignent aurait été identique s'il n'y avait pas eu le temps de pause métacognitive individuelle préalable.

5.4.2.4. Pause métacognitive et motivation

Afin de comprendre au mieux la motivation à réaliser les pauses métacognitives, nous proposons d'observer plus finement les éléments suivants : la compréhension de la démarche didactique réalisée, la valeur attribuée à la démarche, le sentiment de compétence à réaliser cette démarche et enfin, le lien avec les apprentissages.

Compréhension de la démarche didactique

Luc semble comprendre les deux temps de la pause métacognitive comme nous l'envisageons dans notre dispositif :

C'est s'arrêter pendant un moment pour réfléchir à la question plus posément et bien prendre le temps d'y répondre avec tout ce qu'on sait et pas un peu passer la question.

Marie est volontaire pour participer à l'entretien semi-directif. Nous pourrions donc nous attendre à ce qu'elle soit motivée pour s'exprimer. Pourtant, lors de l'échange, nous percevons un certain agacement dans son intonation face aux questions posées, sans explication a priori. Cela se reflète notamment lorsque l'on pose plusieurs questions pour essayer qu'elle étaye davantage sa réponse et qu'il lui semble redire plusieurs fois la même chose. Nous émettons l'hypothèse que l'agacement qu'elle montre lors de ce temps d'échanges est en lien avec le manque de sens à vivre le dispositif didactique qu'elle exprime. Vivre le dispositif étant source d'émotion, s'exprimer sur le sujet véhicule ces mêmes émotions.

Pour Marie, une pause métacognitive :

C'est prendre du recul par rapport à la question. (...) Mais vous dites toujours, il ne faut pas s'embrouiller. On met en pause le cerveau et on ne pense qu'à la question.

Cette explication est intéressante. Marie énonce d'abord la prise de recul. Il convient de relever qu'il s'agit d'une compétence liée au développement d'une pensée critique. Au-delà de cet élément, nous soulignons une certaine imprécision dans la compréhension de Marie. Avec l'emploi de l'expression « on met en pause le cerveau », il y a un manque d'explication de sa part. Nous supposons, d'une part, qu'elle fait référence à la rapidité à vouloir répondre, « mettre en pause » ; d'autre part, nous supposons qu'elle propose de se focaliser sur un élément à la fois, « on ne pense qu'à la question ».

Claire est une élève loquace ; elle est capable de s'exprimer oralement. Elle décrit la pause métacognitive de la façon suivante.

Moi, je pense que c'est surtout prendre le temps de s'arrêter et de se concentrer sur ce qu'on doit faire et réfléchir sur ce qu'on sait déjà, sur ce qu'on se base aussi, un petit peu quand même, et faire attention à ce qu'on note et tout.

Le temps nécessaire pour réaliser une pause métacognitive est un élément de langage que l'enseignant utilise en classe. Cela se retrouve dans l'expression de Claire : le temps nécessaire pour mettre en place plusieurs stratégies. Elle détaille ces stratégies et elle en propose de plusieurs ordres (« ce que l'on doit faire », « réfléchir sur ce que l'on sait déjà », « faire attention à ce que l'on note »).

Marc s'exprime peu sur le sujet des pauses métacognitives. La verbalisation n'est pas évidente pour lui. À la question « Qu'est-ce qu'une pause métacognitive ? », il se met en retrait, laisse parler les deux autres élèves présents lors de l'entretien semi-directif et puis conclut :

C'est la même chose que c'est ce qu'ils ont dit.

Thomas exprime de façon imprécise ce qu'est une pause métacognitive :

C'est une pause où il faut... On va donner ce qu'on pense et après nos précisions de pourquoi un phénomène et tout.

Thomas précise qu'il est intéressant de produire une trace écrite lors de ces pauses.

(...) parce que par écrit, on a plus le temps de réfléchir du coup et de construire nos phrases correctement. Oui, parce qu'à l'oral, c'est mieux quand même que tu ne bégayes pas trop. Ici, tu peux réfléchir un peu, tu écris un peu, après tu peux réécrire. Mais là, tu fais tout d'un coup, donc tu ne sauras pas réfléchir tout.

Nous observons que leurs réponses n'ont pas toutes le même degré d'exactitude. Néanmoins, toutes commencent en précisant qu'une pause métacognitive occupe un certain temps. Cela se reflète par les « prendre une pause », « prendre le temps », « un moment » ou encore « un instant ». Au-delà de cette acception commune, l'action réalisée durant ce temps varie et est décrite plus ou moins précisément. Pour Marc, ce temps est prévu pour « réfléchir

à la question ». Cette définition est très sommaire et peu précise. Cela peut être le reflet d'un manque de compréhension de la démarche menée, ce qui peut impliquer un manque de motivation et d'engagement dans sa mise en œuvre. Dans les définitions proposées par Luc, Thomas et Claire, le temps de la pause métacognitive permet d'aller rechercher ses connaissances antérieures. En précisant cela, ils font écho à la question posée « Qu'est-ce que je sais déjà ? ». Sans le citer, ils mettent en avant la prise en compte des représentations antérieures, mais sans y porter un regard critique, sans les questionner. Enfin, Marie, dans sa définition, met en lien la pause métacognitive et l'inhibition à vouloir apporter une réponse heuristique, en précisant que ce temps est destiné à « mettre son cerveau en pause, prendre du recul et se mettre dans sa bulle ». Cette variété des définitions est révélatrice de compréhensions plus ou moins différentes de la démarche menée et pouvant découler sur une implication différente dans celle-ci. Cette analyse met bien en évidence la pluralité de sens que chaque élève donne à la pause métacognitive. Ce qui est intéressant ce sont justement ces différentes « manières » d'en parler, comme témoin de modalités de l'ensemble du groupe d'élèves.

La valeur attribuée à la pause métacognitive

Marc attribue une valeur élevée à la démarche de pause métacognitive. Il en comprend l'intérêt, la démarche lui semble utile et il apprécie la mettre en œuvre en classe, sans source de stress. Claire lui attribue une valeur similaire, bien qu'elle relève ne pas apprécier mener cette démarche en classe. Marie, quant à elle, révèle une valeur plus nuancée. Elle comprend l'intérêt de la démarche, mais cela ne lui semble pas utile dans son cas. Elle n'apprécie pas du tout mener des pauses métacognitives en classe et c'est d'ailleurs une source de stress pour elle. Enfin, Luc et Thomas attribuent tous deux une valeur plutôt négative aux pauses métacognitives vécues. Ils ne comprennent pas l'intérêt de la démarche et elle ne leur semble pas utile. De plus, ils n'apprécient pas la mettre en œuvre en classe. Pour ces cinq élèves, nous observons que la valeur attribuée aux pauses métacognitives n'est pas très positive. À l'exception de Marc et Claire, les trois autres élèves ont une vision clairement négative de la démarche.

Le sentiment de compétence à mener des pauses métacognitives

Marc relève que l'expression écrite est un frein.

(…) quand on a des trucs dans notre tête, je trouve que quand on doit les écrire, ça ne veut pas toujours dire quelque chose. Quand on les dit, c'est plus simple de le mettre en phrase.

Au-delà des connaissances personnelles, Marc souligne ici la difficulté de l'expression écrite par rapport à l'expression orale.

Claire relève qu'il n'est pas facile de mener une telle démarche :

Personnellement, pas trop. Parce que ce qu'on a dans la tête, c'est parfois compliqué de le mettre à l'écrit. Mais je trouve que c'est important de savoir le faire. Enfin, donner son avis aussi par écrit et tout, c'est bien. Parce qu'oralement, c'est plus facile, du coup. Pour moi, personnellement.

Cette difficulté se retrouve chez les élèves interrogés, tout comme la distinction entre l'expression écrite et l'expression orale. Claire estime néanmoins qu'il est important de pouvoir s'exprimer par écrit, de « donner son avis aussi par écrit ». Il est intéressant qu'elle souligne l'importance de cette compétence. Cette analyse relève un certain regard plus global de cette élève qui envisage sa scolarité pour développer des compétences plus vastes qu'uniquement la maitrise de connaissances liées à des matières spécifiques.

Marie explique la difficulté à mener une pause métacognitive mais elle y ajoute une approche émotionnelle :

Moi, j'arrive pas à expliquer des trucs. Genre, ça m'énerve. C'est même pas j'arrive pas, c'est juste ça m'énerve. – Qu'est-ce qui t'énerve ? – De devoir réfléchir. (…) Quand je ne sais pas le truc et que je dois quand donner une réponse à quelque chose que je ne sais pas. – (…) Tu as déjà vécu des situations où ça t'énervait moins que d'autres ? – Quand je sais un petit peu, ça va. Ça m'ennuie, mais ça va.

Dans un premier temps, Marie explique que son énervement est en lien avec la démarche même de devoir réfléchir mais, dans un second temps, elle met son énervement en lien avec des connaissances antérieures. Il est très intéressant de remarquer que cette complexité à mener une pause métacognitive est source d'émotions.

Thomas est décrit comme un « bon élève », il réussit assez facilement à atteindre les objectifs scolaires soutenus. Naïvement, nous pensions que cette aisance scolaire était source de motivation à s'impliquer davantage dans la recherche et le dispositif mis en œuvre. Avec Thomas, nous constatons que ce n'est pas le cas. Ce constat souligne la nécessaire réserve dont doit faire preuve l'enseignant à se baser sur des stéréotypes fondés sur un choix d'option ou d'un niveau de réussite. Thomas exprime de façon imprécise ce qu'est une pause métacognitive.

C'est une pause où il faut... On va donner ce qu'on pense et après nos précisions de pourquoi un phénomène et tout.

En effet, avec cette première réponse, Thomas révèle un manque de compréhension du dispositif mis en œuvre pouvant refléter un manque d'intérêt pour ce dernier. Thomas ayant des facilités à l'école, il ne voit peut-être pas d'intérêt à développer et à s'investir dans un tel dispositif, car il n'en ressent pas le besoin.

Bien qu'il ne semble pas montrer un intérêt pour le dispositif didactique mis en œuvre, Thomas relève que mener une pause métacognitive serait évident. Il commente cela en précisant :

Il faut juste savoir réfléchir sur le phénomène.

Ce commentaire reflète encore une fois une grande imprécision dans la compréhension de ce qui est attendu.

Thomas ne remet pas en cause de vivre un processus par écrit, cela lui semble pertinent pour favoriser une expression plus réfléchie et précise, car on peut améliorer son écrit, ce qui

n'est pas possible à l'oral. Néanmoins, il remet en cause la pertinence de la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » pour introduire la pause métacognitive.

Ah non, parce que tu peux le voir dans le cours, les expériences, les explications, tu peux le voir dans le cours. Si tu l'as en tête, bien. Et après, tu le diras au cours, quoi. Il n'y a pas vraiment... Je trouve de le dire par écrit, quoi. (...) Mais moi, souvent, en plus, je crois que je ne complète pas ça. Je ne suis pas sûr, mais je pense que souvent, je ne complète pas ça, je fais juste la question. (...) Mais en fait, j'oublie, je crois. (...) Oui, parce que pour moi, ce que je sais déjà, ça m'aide pas vraiment, parce que tu l'as dans ta tête, donc tu n'as pas besoin de l'écrire. Donc tu l'écris direct dans la phrase.

Thomas justifie le manque d'intérêt de la question d'introduction, car elle est une redite de ce qu'il sait déjà, de ce qui est potentiellement déjà écrit dans le cours de sciences. De plus, en écrivant l'hypothèse ou l'interprétation, selon lui, transparait automatiquement ce que l'on a dans la tête au préalable. Thomas exprime que la démarche des pauses métacognitives est une perte de temps et qu'il n'a pas toujours la motivation nécessaire pour la réaliser :

Tu n'as pas vraiment tout le temps la motivation non plus.

Nous relevons que Marc et Claire expriment qu'il n'est pas facile de se mettre en pause métacognitive, alors que Luc, Marie et Thomas trouvent cela plutôt facile. Il est intéressant de mettre cette observation en lien avec la valeur que ces élèves attribuent à la tâche. En effet, Marc et Claire accordent une certaine valeur à la démarche, mais la trouvent complexe à mettre en œuvre. Tandis que Luc, Marie et Thomas lui attribuent peu de valeur, mais estiment facilement la mettre en œuvre. Cette différence pourrait s'expliquer de la façon suivante. En attribuant peu de valeur à mener des pauses métacognitives, les élèves s'y impliquent peu et trouvent cela facile. À l'inverse, en attribuant davantage de valeur à mener des pauses métacognitives, les élèves s'y impliquent davantage et se rendent compte de la complexité de mise en œuvre. Cette analyse est nuancée car, à l'exception de Claire, tous expriment qu'il n'est pas facile de répondre à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? ».

En souhaitant savoir si la réflexion amenée par la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » les a aidés à formuler leurs hypothèses ou interprétations, nous observons une nuance intéressante. Marc ne présente pas une cohérence de réponse pour ces items et nous ne pouvons dès lors pas discuter ses réponses. Luc, Marie et Thomas considèrent que la réflexion menée à partir de la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » et l'évocation de leurs représentations dans la réponse qu'ils formulent ne les aident pas à formuler de meilleures hypothèses ni de meilleures interprétations. Cette observation est à mettre en lien avec l'analyse précédente. Ce sont ces mêmes élèves qui attribuent peu de valeur à la pause métacognitive. Claire apporte une réponse plus nuancée. Elle estime que répondre à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » l'a aidée à produire de meilleures hypothèses, mais pas de meilleures interprétations.

Lien avec les apprentissages

Lorsque l'on observe leurs analyses des pauses métacognitives et de leurs effets sur leurs apprentissages, nous retrouvons les mêmes groupes que pour l'analyse portant sur la valeur attribuée à la démarche. En effet, Marc et Claire ont une vision plutôt positive. Ils pense que prendre le temps de réfléchir les aider à formuler de meilleures idées ; réaliser une pause métacognitive les aide à structurer leur pensée, à produire de meilleures réponses et à mieux comprendre la matière. Marie est plus nuancée. Elle est aussi d'accord sur le fait que prendre du temps pour réfléchir avant de s'exprimer l'aide à mieux formuler ses idées et que réaliser une pause métacognitive l'aide à produire une meilleure réponse. Cependant, elle n'estime pas que cela l'aide à structurer sa pensée et à mieux comprendre les notions du cours de sciences. Enfin, Luc et Thomas ne sont pas convaincus par un effet quelconque des pauses métacognitives sur leurs apprentissages. Réaliser une pause métacognitive ne les aide ni à structurer leur pensée, ni à produire une meilleure réponse, ni à mieux comprendre la matière enseignée.

Nous rappelons que le questionnaire dont provient cet élément d'analyse a été complété au terme de l'année, après avoir suivi l'ensemble du dispositif didactique. À l'exception de Thomas, les cinq élèves affirment que si l'enseignant arrête d'activer les pauses métacognitives, ils n'ont pas pris l'habitude de le faire par eux-mêmes et la démarche ne perdurera pas. De façon plus subtile, il serait intéressant d'observer si, sans en avoir conscience, les élèves ne réalisent pas plus facilement des pauses métacognitive. Enfin, à l'exception de Thomas, les cinq élèves affirment que se mettre en pause métacognitive peut avoir du sens dans la vie de tous les jours.

5.4.2.5. Contrôle inhibiteur et motivation

Dans le questionnaire complété au terme du dispositif (cf. Annexe 17 et Annexe 19), les élèves se sont également exprimés sur la partie du dispositif portant spécifiquement sur l'entrainement du contrôle inhibiteur. Nous analysons les éléments suivants : la compréhension que les élèves ont de l'entrainement du contrôle inhibiteur, la valeur attribuée au contrôle inhibiteur, le sentiment de compétence à réaliser l'entrainement du contrôle inhibiteur et à l'activer, et le lien avec les apprentissages. À l'exception de l'expression de ce qu'est le contrôle inhibiteur, les éléments d'analyse suivants proviennent de choix exprimés sur des échelles de Likert à différents items du questionnaire.

La compréhension du dispositif d'entrainement du contrôle inhibiteur

Les définitions des élèves sur le concept de contrôle inhibiteur présentent des éléments faisant écho à l'inhibition et au dispositif vécu, mais sont d'une grande imprécision.

Pour Marie, le contrôle inhibiteur est :

Entrainer ses réflexes de rapidité.

Pour Thomas, le contrôle inhibiteur est :

un test de rapidité sur des petits exercices de qui est plus grand qui est plus petit.

Ces définitions nous paraissent être les plus basiques des cinq formulées. Elles ne font écho qu'aux entrainement vécus tout au long du dispositif, en se centrant sur la rapidité.

Pour Marc, le contrôle inhibiteur :

ce sont des tests pour entrainer notre réactivité et notre réflexion.

Pour Luc, le contrôle inhibiteur :

c'est réfléchir rapidement en faisant le moins d'erreurs.

Ces deux élèves mettent toujours au centre de leurs définitions la réactivité et la rapidité, mais ils ajoutent le travail de la « réflexion » et le fait de faire « le moins d'erreurs ». Une fois encore, ces élèves font directement écho à l'entrainement vécu, mais n'expriment pas ce qu'est le mécanisme d'inhibition mis en jeu, ni son rôle.

Enfin, Claire propose que le contrôle inhibiteur :

C'est activer notre cerveau pour réfléchir à une question, un problème qui a l'air simple et sans difficulté à première vue mais qui ne l'est parfois pas. Savoir réfléchir vite et répondre correctement.

Claire propose une définition plus explicite en proposant le contrôle inhibiteur dans un contexte plus global d'une question qui parait simple mais qui ne l'est pas. Elle parle d'une « activation du cerveau », comme d'un mécanisme à mettre en œuvre. Elle termine en revenant sur l'idée de rapidité de réponse et d'exactitude. Nous observons que les élèves n'ont pas une bonne représentation de ce qu'est le contrôle inhibiteur, bien que cela leur ait été expliqué. Nous soulignons la complexité du concept proposé aux élèves et du manque de connaissances pour le comprendre, même partiellement.

La valeur attribuée au contrôle inhibiteur

Concernant l'entrainement du contrôle inhibiteur, seul Luc et Claire affirment en comprendre l'intérêt. En ce qui concerne l'intérêt de cet entrainement et de ses effets dans leurs actions quotidiennes, seule Claire y croit. Ce constat est interpellant et peut impliquer un manque de motivation à s'impliquer dans celui-ci. Il est directement à mettre en lien avec les avis des élèves sur l'apport de cette démarche sur leurs apprentissages.

Le sentiment de compétence à entrainer le contrôle inhibiteur

Pour Luc et Claire, l'entrainement du contrôle inhibiteur proposé n'est pas facile à réaliser. À l'inverse, pour Marc, Thomas et Marie, ce dernier est facile. Cette observation peut être comparée à la valeur attribuée à cet entrainement. Pour Luc et Claire, cet entrainement a de l'intérêt pour eux et ils relèvent un manque de facilité à le réaliser. Nous pouvons émettre l'hypothèse qu'il s'agit d'élèves devant faire davantage d'efforts pour activer leur contrôle inhibiteur. Ils perçoivent cela comme intéressant, car ils ne réussissent pas l'entrainement (dont la tâche est simple a priori) aussi facilement qu'espéré.. Pour les trois autres élèves, s'ils n'éprouvent pas de difficulté à réaliser cet entrainement, ce dernier peut leur sembler trop facile et ils perdent de l'intérêt à le réaliser régulièrement. À l'exception de Thomas, tous pensent qu'ils produisent de meilleures réponses lorsqu'ils

prennent le temps de réfléchir. Thomas présentant des résultats scolaires assez élevés tout au long de l'année, nous pouvons émettre l'hypothèse qu'il est assez confiant en lui et qu'il constate que les réponses qu'il formule sont généralement bonnes. Il ne cherche dès lors pas de solution pour améliorer ces dernières. À l'inverse, les quatre autres élèves relèvent l'importance de prendre le temps. Nous soulignons que Marie et Marc, au regard de leurs réponses précédentes, ne mettent pas cela en lien avec l'activation du contrôle inhibiteur.

Lien avec les apprentissages

Marie et Thomas pensent que développer leur contrôle inhibiteur n'est pas essentiel pour donner de meilleures réponses. Cela rejoint le peu de valeur qu'ils attribuent à cette démarche. À l'inverse, les trois autres élèves pensent que le développement du contrôle inhibiteur est essentiel. Marc se contredit sur ce point et cela soulève une nécessaire prudence d'analyse de son propos. Si l'on pousse la question encore plus, en demandant s'ils pensent que cela les aide à mieux comprendre le cours de sciences, il y a encore davantage de désaccord. Seuls Claire et Marc pensent que l'entrainement du contrôle inhibiteur les aide. Les mêmes différences sont constatées si nous demandons si l'entrainement du contrôle inhibiteur les aide à ne pas tomber dans des pièges de raisonnement, lors des exercices de sciences. Luc et Marie sont encore davantage en désaccord avec cette idée. Enfin, seuls Marc et Claire pensent que l'entrainement suivi leur permet de produire de meilleures réponses en fin d'année.

Concernant l'entrainement du contrôle inhibiteur, les cinq élèves se sont positionnés sur un prolongement de la démarche dans le temps. Les mêmes observations que précédemment s'observent. S'ils ont la possibilité de continuer à s'entrainer ou s'ils ont accès à la plateforme l'année suivante, seul Marc et Claire affirment qu'ils en profiteront.

5.4.2.6. Regards d'enseignants

Après deux situations-problèmes ayant vu la mise en œuvre des pauses métacognitives, Monsieur E a pu échanger avec l'enseignant chercheur et lui partager ses premières réflexions (cf. Annexe 22).

Monsieur E précise que la première pause métacognitive a été compliquée à mettre en œuvre. Il a fallu un certain temps pour s'approprier l'outil de collecte de traces.

La première expérience a été assez longue à mettre en place parce que, déjà, au niveau de la feuille, ils [les élèves] *ne s'y retrouvaient pas spécialement […], dans la première partie ou la deuxième. Donc, on a dû réexpliquer plusieurs fois pour que ça se mette comme il faut* [en place].

Il relève que cela a ensuite été beaucoup mieux.

Il souligne la difficulté qu'ont les élèves à déplier leur pensée et à la verbaliser au moment de la phase de prise en compte des représentations.

Maintenant, il y a toujours la même question qui se pose, c'est... « Moi, monsieur, je ne sais rien. » Si, donc là, ils doivent aller chercher dans leurs acquis d'avant. Et ça, ça leur

pose un réel problème à ce niveau-là, parce qu'ils ne savent pas vraiment ce qu'ils doivent mettre. […] Ils trouvent très difficilement une relation concrète entre les choses théoriques de science et ce qu'ils ont déjà vécu. Ils n'arrivent vraiment pas à faire le lien entre les deux. Et ça, ça peut être un entrainement aussi. Et tout ce qui est question de transfert est franchement lié à ça. Puisqu'on les met face à une situation nouvelle et ils doivent aller chercher un petit peu partout dans ce qu'ils savent, mettre différentes choses en relation. Ça, ça leur pose réellement un problème.

Monsieur E explique que ce problème doit provenir, notamment, d'un manque de temps pour réaliser cela correctement.

C'est vraiment la première partie qui leur pose le plus de problèmes et c'est plus une question de temps qu'autre chose. Parce que c'est vrai que le temps qu'ils s'y mettent qu'ils cherchent un petit peu etc.

Enfin, Monsieur E exprime un ressenti positif pour réaliser l'émission d'hypothèses ou la phase d'interprétation.

Après émettre l'hypothèse ça je veux dire que ça passe. […] Ça quand il doit faire de l'interprétation là ça passe. Je veux dire que, ça, ça va. […] Mais sinon, d'une manière générale, ça a l'air de bien se passer.

Après avoir arrêté l'enregistrement, Monsieur E précise qu'il trouve intéressant la discussion pour prendre en compte les représentations des élèves et repérer les difficultés et y remédier.

De son côté, l'enseignant-chercheur a réalisé deux enregistrements audios durant le mois de novembre 2022. Il y exprime son analyse du dispositif ainsi que le regard qu'il porte sur l'appropriation du dispositif par les élèves.

Tout d'abord, comme Monsieur E et les élèves le soulignent eux-mêmes, il relève des difficultés à répondre à la question introduisant la pause métacognitive, « Qu'est-ce que je sais déjà ? » :

On constate que les élèves lors des pauses métacognitives ont vraiment du mal à exprimer ce qu'ils ont dans la tête pour arriver à produire l'hypothèse ou l'interprétation. […] Ce n'est pas tant l'hypothèse ou l'interprétation qui posent problème à la rédaction, mais c'est répondre surtout à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? »

L'enseignant-chercheur observe que les élèves éprouvent des difficultés à exprimer leurs pensées à l'écrit. Il émet l'hypothèse de mettre cela en lien avec les connaissances antérieures qu'ont les élèves sur le sujet discuté :

j'ai pu voir chez certains élèves, à ce moment-ci de l'année, donc ce sont des élèves qui me disent, quand je passe dans les bancs, qu'ils n'arrivent pas à écrire, c'est trop compliqué, il n'y a rien qui vient, ce n'est pas clair. (…) Est-ce que finalement les élèves qui ne sont pas davantage capables d'exprimer leurs représentations, ce sont des élèves qui ont des connaissances mieux installées ?

Les élèves emblématiques de cette étude relèvent également cela en précisant qu'ils ont plus de facilité à s'exprimer à l'écrit, lorsqu'ils ont déjà étudié formellement le concept au cœur de la démarche d'investigation.

Ensuite, il relève la richesse de la discussion réalisée avec la classe pour conclure la pause métacognitive. Cette observation est en accord avec les données récoltées auprès des élèves emblématiques. Premièrement, il relève un intérêt pour l'enseignant.

Alors, un autre point intéressant qui a été discuté avec un collègue, c'est que lui, donc, au moment de ce partage des représentations et des hypothèses, il s'est rendu compte que des élèves étaient vraiment à côté de la plaque en termes de réponses, et que s'il n'avait pas discuté avec les élèves, s'il n'avait pas pris ce temps de pause avec eux pour mener un débat, pour réfléchir autour d'une situation, eh bien, il n'aurait pas su et aurait avancé dans le cours. Et si le fait que les élèves expriment et qu'il constate que certains élèves sont vraiment pas du tout dans le bon niveau des représentations, eh bien, il recadre son cours par la suite.

Le temps de discussion permet de prendre conscience de l'écart entre ce que les élèves ont comme représentations d'un concept et ce que l'enseignant croit qu'ils ont comme représentations et qu'ils maitrisent. Deuxièmement, il relève ce cas particulier où la pause métacognitive permet à l'élève de formuler son hypothèse, mais ne permet pas de faire émerger l'origine de cette représentation. C'est au moment de la discussion, par l'étayage réalisé par l'enseignant, que l'élève arrive à exprimer d'où lui vient son idée.

Un élève... Quand on fait la... la pose métacognitive au moment des facteurs influençant la pression hydrostatique, Pour lui, c'était évident qu'une hypothèse, c'était de... Oui. Pour lui, c'était évident qu'un facteur influençant la pression hydrostatique était la profondeur. Donc, la profondeur d'immersion, la hauteur de liquide. Donc, lui, il écrit, je pense que la profondeur influence la pression hydrostatique. Et l'explication de, finalement, ce qu'il a dans la tête, pour justifier cette hypothèse, il n'arrive absolument pas à l'écrire. Pour lui, c'est assez clair. Et en fait, lors du débat, lors de la discussion, eh bien, cet élève arrive à dire... Mais parce qu'on est en train de discuter tous ensemble, il arrive à dire que... En fait, son hypothèse, elle vient du fait qu'il a déjà vécu... C'est moi qui lui dis la question, « mais comment est-ce que tu arrives à produire cette hypothèse-là ? » Il me dit, « oui, mais c'est parce que quand on va à la piscine, quand on va en profondeur, on a mal aux oreilles. » Eh bien, en fait, c'est à ce moment-là qu'il vient d'exprimer ce que lui a déjà ressenti.

Au regard de ce constat, nous pouvons souligner l'importance de porter une attention sur le développement de telles questions d'étayage chez les enseignants. Troisièmement, il relève également que la discussion est source d'échanges d'idées chez les élèves.

Et puis, on va mener le débat, je vais lancer le débat avec les premiers élèves qui ont déjà pu peut-être écrire quelque chose. Et au cours de ce débat, des élèves se révèlent et finalement arrivent à exprimer oralement ce qu'ils ont dans la tête, même s'ils n'avaient pas réussi à l'écrire.

Par cette démarche socio-constructiviste, grâce aux conditions de travail en classe, on relève toute l'importance de susciter des interactions, des conflits socio-cognitifs entre les élèves. Les idées des uns et des autres émergent lors des discussions avec les pairs.

Il poursuit son analyse en portant un regard sur les différences entre ses groupes de sciences de base (groupes classes ayant 3h de sciences par semaine) et de sciences générales (groupes classes ayant 5h de sciences par semaine). Il relève tout d'abord une différence importante dans l'aisance à verbaliser.

Alors, les difficultés rencontrées, essentiellement, ce que je constate, c'est vraiment dans ma classe de science de base, donc trois heures par semaine, là, il y a vraiment une difficulté pour les élèves, et je trouve que c'est assez marquant à verbaliser. Alors, déjà, la taille du groupe, je pense, influence, la façon de gérer les pauses et donc de gérer la discussion, le temps que ça nécessite. (...) à l'inverse dans mes sciences générales donc ce sont des élèves qui ont choisi l'option scientifique mais ce sont aussi des groupes classes plus petits. Eh bien là le temps de pause est davantage facile à mettre en œuvre parce que les élèves sont plus réellement impliqués dans ce qu'ils font.

Il explique cette difficulté par le manque d'intérêt que les élèves de la classe dont il parle ont pour les sciences. Il nuance également cela avec la gestion du groupe classe qui n'est pas la même en sciences générales ou en sciences de base, car la taille des groupes (le nombre d'élèves par groupe) est différente.

Les élèves sont moins impliqués, en tout cas la classe que j'ai, sont moins impliqués dans le cours de sciences. Et donc le temps de pause où finalement je souhaite qu'ils prennent ce temps pour réfléchir, pour prendre conscience de ce qu'ils ont dans la tête. Chez eux, c'est très difficile, parce que très vite, ça devient un temps, finalement... Non plus pour se creuser la tête, pour aller chercher les informations qu'ils ont, mais ça devient un temps pour divaguer. Donc, du coup, dans la gestion de classe, c'est compliqué, parce que je ne... ne peut pas me permettre de leur laisser autant de temps parce que je me rends compte que c'est beaucoup moins profitable pour eux.

Cette réflexion est intéressante, car elle souligne la complexité à mettre en œuvre le dispositif didactique tel qu'il a été imaginé dans des groupes classes de plus de 20 élèves, mais également dans des groupes classes moins intéressés par les sciences ou ayant une attitude moins scolaire, en général. Cela souligne la nécessite d'une véritable réflexion si le dispositif devait être envisagé dans un autre contexte.

L'enseignant-chercheur continue en relevant la différence importante du nombre d'heures de cours entre les sciences de base et les sciences générales.

Une autre grosse difficulté que je rencontre là, maintenant, c'est le temps. Le temps, mine de rien, que ça nécessite en sciences de base, en fait. Donc, autant en sciences générales, j'arrive à atteindre les objectifs fixés, autant en sciences de base, avec les heures perdues à droite, à gauche, etc., eh bien, là, c'est compliqué. Et pour mes collègues, c'est la même chose. Donc, en sciences de base, aucun collègue n'a le temps de mener la démarche d'investigation « Là-haut » qui nécessite deux heures. […] Ça revient vraiment à cette

question, finalement, est-ce que le dispositif est intéressant pour des sciences de base avec un cours plus réduit ou pas ? Alors je pense que oui, parce que le temps de pause est intéressant. […] Tout comme les temps de pause métacognitifs sont plus compliqués à mettre en œuvre. Bon, moi, personnellement, j'ai dû faire ici des pauses, j'ai pas pu mener... J'ai pas pu les entrainer au contrôle inhibiteur les deux semaines qui viennent de s'écouler par faute de temps, parce qu'on est très pressés, je suis très pressé avant les examens. […] C'est vraiment les sciences de base, là, ça m'interroge vraiment.

Le dispositif didactique imaginé pourrait être trop conséquent à mettre en œuvre dans un cours à 3 heures par semaine. Ce regard sur le temps à disposition est intéressant, car il souligne la tension qui existe entre le temps nécessaire pour respecter les prescrits scolaires et le temps nécessaire pour envisager une certaine liberté pédagogique et didactique favorisant le développement de compétences au-delà du cadre du programme scolaire.

Enfin, l'enseignant-chercheur envisage des améliorations du dispositif. Pour aider les élèves à exprimer leurs représentations antérieures, il propose ceci :

Alors une réflexion, ce serait peut-être d'aller mettre en parenthèse dans ce cadre de la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » des exemples d'endroits finalement où ils ont déjà pu avoir l'information. On pourrait mettre peut-être expérience déjà vécue à l'école, expérience vécue à l'extérieur, ressenti dans la vie de tous les jours, cours, vus dans les semaines passées, mois passés, années passées, ce genre de choses.

Nous questionnons ces propositions en nous demandant si le risque n'est pas que les élèves ne fassent référence qu'à ce qui est écrit et qu'ils oublient peut-être d'autres contextes. La forme même de la production des élèves peut être intéressante à faire évoluer.

L'enseignant-chercheur termine son propos en exprimant son ressenti positif par rapport au dispositif mis en place, tout comme Monsieur E l'exprime également :

Alors, le dispositif jusque-là se passe bien. Finalement, on constate qu'à voir que les élèves prennent des habitudes pour rentrer dans les pauses, ça va de plus en plus vite. […] Les discussions que j'ai avec eux, ils sont contents du rendu. Ils prennent le temps de verbaliser.

Ce constat est essentiel à garder à l'esprit, car le vécu positif de l'enseignant dans sa pratique professionnelle est essentiel. Le facteur enseignant, dans une recherche ou lors d'apprentissages, est clé. Si l'enseignant est motivé et se sent bien à mettre en place un dispositif didactique, il véhicule alors une dynamique positive aux élèves qui sont influencés par cela.

Nous pouvons conclure ces résultats d'observation en soulignant que les enseignants se sont peu exprimés sur l'entrainement au contrôle inhibiteur. Nous savons que le dispositif mis en œuvre pour cela a bien fonctionné et ce n'est dès lors peut-être pas source de discussion. De plus, nous relevons que les enseignants semblent davantage convaincus par le dispositif que les élèves. Le temps qu'ils prennent à mettre en œuvre le dispositif semble leur apporter davantage de bénéfices (par exemple, pour améliorer le feed-back qu'ils font aux élèves) qu'aux élèves.

5.4.3. Discussion

En choisissant un modèle séquentiel explicatif, articulé en deux phases successives, nous réalisons une collecte quantitative initiale, suivie d'un approfondissement qualitatif visant à éclairer les résultats obtenus. En effet, quantitativement, nous avons observé que le groupe 4 (M+CI) n'est pas le groupe qui progresse le mieux, contrairement aux hypothèses formulées. En menant cette démarche qualitative, nous cherchons à comprendre pourquoi le groupe 4 (M+CI) obtient ces résultats. La partie qualitative se construit donc à partir des constats issus de l'analyse statistique et cible spécifiquement un groupe d'élèves ayant expérimenté l'ensemble du dispositif (pauses métacognitives et entraînement du contrôle inhibiteur), en réponse à des résultats inattendus au regard des hypothèses de départ. Ce design favorise la compréhension des données par triangulation. Au-delà de ce lien avec la partie quantitative, l'approche qualitative soutient un objectif de compréhension fine de l'appropriation du dispositif par les élèves, des stratégies mises en œuvre, des difficultés rencontrées ou des éléments positifs découlant du dispositif vécu.

Nous posons deux questions dans cette recherche qualitative.

La première question est « Comment les élèves se sont-ils approprié le dispositif didactique vécu ? ».

Notre hypothèse est que nous allons observer une différence d'implication dans le dispositif, en fonction de l'implication générale dans la scolarité. Nous pensons que le dispositif est d'autant plus bénéfique lorsque les élèves s'impliquent dans sa mise en œuvre. Nous pensons que l'appropriation du dispositif est plus facile pour les élèves ayant déjà davantage de facilités en classe.

La seconde question est « Comment se fait-il que les élèves du groupe 4 (M+CI) ne soient pas ceux qui progressent le plus, alors que ce sont eux qui ont vécu le dispositif le plus complet ? ».

Notre hypothèse est que le dispositif proposé est trop lourd à mettre en place et qu'à force de leur faire vivre un dispositif couteux intellectuellement parlant, il y ait un désengagement de leur part avec une perte de sens. Nous sommes conscients que, si les élèves ne s'impliquent pas dans le dispositif, celui-ci ne conduira pas à des résultats tangibles et bénéfiques.

Pour obtenir une meilleure compréhension de l'appropriation du dispositif didactique, au-delà des deux questions soulevées, la méthodologie de l'étude de cas nous parait la plus appropriée. Nous soutenons qu'en nous focalisant sur différents matériaux provenant de quelques élèves emblématiques, nous sommes capables de mieux comprendre la façon dont ils s'approprient le dispositif et d'émettre des hypothèses expliquant des résultats plus faibles pour le groupe 4 (M+CI). Nous choisissons cinq élèves emblématiques, non pas en fonction de scores différents au CCTT, mais présentant des degrés d'implications divers dans leur scolarité. Ce choix posé permet de mettre en lumière l'appropriation du dispositif par des élèves ayant des attitudes différentes en classe et permet alors de discuter si le dispositif répond aux besoins d'élèves impliqués différemment dans leurs cours. Nous choisissons de croiser les données récoltées durant les pauses métacognitives, un entretien semi-directif, un

questionnaire a posteriori et deux situations-problèmes de transfert. À cela, nous apportons également les traces de deux enseignants ayant mené le dispositif dans le groupe 4 (M+CI). En croisant les différentes données collectées, nous cherchons à atteindre une compréhension plus fine du dispositif didactique, car des éléments saillants y sont exprimés à plusieurs reprises et peuvent dès lors alimenter notre discussion.

5.4.3.1. Appropriation du dispositif par les élèves

Attitudes « scolaires » différentes, mais perceptions similaires du dispositif

Nous observons que l'implication scolaire n'est pas révélatrice de l'engagement dans le dispositif. Luc et Thomas ont des attitudes différentes en classe et pourtant, ils ont des perceptions similaires de la démarche. Le même constat est posé pour Marc et Claire qui ont une implication scolaire plutôt opposée, mais une implication dans le dispositif et une perception de celui-ci assez similaires.

Nous relevons que la façon dont sont conduites les pauses métacognitives n'est pas une pleine source de satisfaction pour les élèves. Les raisons de ces perceptions sont multiples. Nous relevons la complexité de la démarche demandée ainsi que le manque d'habitude à prendre conscience des démarches mentales qu'ils réalisent, sans que cela soit systématique pour autant. Cette perception négative de la démarche métacognitive conduit à une faible valeur accordée à cette tâche et a, dès lors, un effet délétère sur leur motivation (Eccles et Wigfield, 2002). Par ailleurs, les élèves se montrent capables d'un jugement critique de l'innovation pédagogique à laquelle ils participent (Trisconi et Cuozzo, 2022). Leur motivation dépend fortement du sens perçu du projet et de leur possibilité d'y être acteurs. Pour favoriser l'implication des élèves, Trisconi et Cuozzo (2022) mettent en avant l'importance de la créativité dans le dispositif, l'utilité perçue et l'engagement actif ; tandis que les critiques ciblent principalement des défauts d'organisation et l'absence d'implication dans la conception.

Écart entre ce qui est dit et ce qui est fait

Il est intéressant de remarquer que, bien que certains élèves pensent que la démarche est importante, ils ne la mettent pas forcément en œuvre. Il y a un écart entre ce qu'ils décrivent comme souhaitable et ce qu'ils posent effectivement comme gestes. En effet, lors de la situation-problème réalisée un an après le dispositif, bien que Claire exprime le fait qu'elle se souvient de ce qu'est une pause métacognitive et qu'elle exprime que cette démarche l'aide (ce qui voudrait dire qu'elle applique la démarche), elle ne semble pas la mettre en œuvre dans les questions posées lors de la situation-problème. Il y a un écart entre sa perception, ce qu'elle exprime et ce qu'elle réalise réellement. Un autre exemple intéressant est constitué des données fournies par Thomas. Ce dernier exprime qu'il veut agir efficacement et qu'il n'a dès lors pas besoin de passer par l'étape d'une pause métacognitive. Or, dans la situation-problème soumise un an après le dispositif, sa production contient des erreurs liées à la non-maîtrise des concepts découverts et étudiés en 3e année. Nous pouvons supposer qu'il n'aurait peut-être pas commis ces erreurs s'il avait été convaincu de la démarche et l'avait appliquée, car Thomas ne faisait pas face à des difficultés de compréhension de la matière. Face à ces

constats, nous nous posons la question de savoir s'il ne faudrait pas favoriser de vivre la démarche dans une situation spécifique où les élèves se rendent davantage compte de son efficacité. Nous rappelons également le rôle essentiel de l'enseignant afin d'accompagner les élèves dans la réalisation de pauses métacognitives (Morissette et Voynaud, 2002).

Place des représentations dans la didactique des sciences

Les élèves ne semblent pas faire le lien entre les représentations, qui transparaissent dans la production attendue à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? », et la formulation d'hypothèses ou d'interprétations. Nous soutenons que la prise de conscience des représentations qu'un élève possède sur un sujet donné lui permet de formuler une hypothèse plus aboutie, car elle est elle-même fondée sur ses représentations. Nous soutenons une démarche similaire pour la formulation d'interprétations. Or, les élèves semblent oublier ce lien que l'on cherche à construire. Ils ne voient pas l'intérêt de partir de leurs représentations formalisées par la réponse à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? ». De plus, la prise de conscience des représentations initiales est fondamentale au sein de la didactique des sciences afin que leur reconstruction et amélioration au cours d'une démarche d'investigation puissent également se faire de façon consciente. De Vecchi et Carmona-Magnaldi (1996) rappellent que l'apprentissage est fondé sur la rupture avec les représentations initiales familières. Pour progresser l'élève doit nécessairement passer par une rupture d'une représentation familière simpliste et en reconstruire une nouvelle représentation plus robuste.

Giordan (1999) rappelle que les représentations sont fonction des concepts étudiés. Cette recherche portant sur la démarche métacognitive globale et non sur la formulation des représentations strictes en fonction des concepts vus en classe, nous n'avons pas porter une attention spécifique aux représentations et à la façon dont elles étaient mobilisées pour favoriser l'émergence d'hypothèses ou d'interprétations en fonction du concept étudié. Nous avons pris pour acquis cette prise en compte des représentations au travers de la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? ». Or, cela ne semblait pas aussi évident pour les élèves.

Par ailleurs, les élèves ont exprimé que l'émergence des représentations initiales étaient plus ou moins facile, en fonction du concept. Ils ont notamment relevé l'importance d'avoir déjà découvert le concept dans le cadre scolaire, ou non. Si le concept a déjà été abordé précédemment à l'école, ils expriment que cela est plus facile pour eux de répondre à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? ».

Nous constatons que la réponse à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » préalable à la phase d'interprétation, leur parait moins porteuse de sens. Lorsque les élèves répondent à cette étape, la réponse est souvent sommaire, mais essentiellement centrée sur la critique de leur hypothèse antérieure. Certains y réécrivent l'observation réalisée durant la phase de recherche, mais n'établissent pas ou peu de lien avec des connaissances ou des expériences. Bien que la pause métacognitive préalable à la production d'interprétation semble intéressante, nous relevons que cette dernière est souvent moins complétée par les élèves. Nous émettons l'hypothèse que cette deuxième pause métacognitive a souvent eu lieu durant le même cours que la pause métacognitive préalable à l'émission d'hypothèse. Or, la réalisation de pause métacognitive est une démarche complexe et couteuse en énergie. En en

menant deux, voire plus, en un temps relativement court, perd peut-être de son sens ou est manifestement moins profitable pour les élèves qui éprouvent une forme de saturation (Dehaene, 2012) ou de lassitude (Berger et al., 2012) à mener une démarche qui ne les motive pas nécessairement.

Comme cela est apparu lors de la situation-problème de réinvestissement de chimie au terme du dispositif, nous observons que les élèves transfèrent difficilement des concepts découverts au sein même du chapitre quelques heures auparavant. Nous concevons alors qu'il est encore plus complexe pour eux de mobiliser à nouveau des représentations et des concepts découverts plusieurs mois, voire plusieurs années auparavant. Bourgeois et Ntebutse (2021) réalisent une étude portant sur les transferts d'apprentissages réalisés dans un contexte extrascolaire vers le contexte scolaire, pour la discipline du français. Ils relèvent que le transfert n'est pas systématique, qu'il dépend de la congruence des contextes et de la prise en compte par les enseignants des pratiques culturelles des élèves. Avec l'éclairage de cette étude, nous ne pouvons que soutenir la complexité pour les élèves de notre étude à verbaliser et à mettre en lien des représentations, parfois issues d'un apprentissage informel, avec une situation-problème que l'on développe en classe.

Productions durant les pauses métacognitives

Le document de collecte de traces des pauses métacognitives n'est pas idéal, comme le relèvent les élèves emblématiques. Il ne fait pas l'unanimité et il semble être redondant pour ces derniers. Initialement, il nous semblait important de faire émerger les représentations en proposant la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? ». Or, il semble que pour Luc ou Thomas, il y ait une redondance entre la production comme reflet des représentations et l'hypothèse ou l'interprétation à formuler ensuite. L'étape des représentations pouvait, à notre sens, être un endroit d'expression de ce que l'on connait déjà. D'une expérience personnelle à un apprentissage en milieu scolaire, en passant par une information lue dans un livre ou encore la réalisation d'une démarche de chercheur, l'encadré destiné aux représentations est prévu pour faire émerger ces dernières. À ce moment du dispositif, il ne s'agit pas de les remettre en question ou de les agencer, mais d'en prendre conscience pour passer à l'étape suivante. Lors de la production de l'hypothèse ou de l'interprétation, nous souhaitions que l'élève reparte de ses représentations pour produire la réponse. Dans le cas de l'émission d'une hypothèse, nous souhaitions que l'élève puisse questionner ses représentations, les mettre en lien ou les opposer pour produire une hypothèse qui puisse être confirmée ou infirmée. Dans le cas de la formulation de l'interprétation, nous souhaitions que l'élève puisse la formuler en se basant sur les nouveaux apprentissages (apparaissant dans l'encadré de la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? »). En accord avec ce que les élèves nous ont exprimé, nous relevons qu'un document de traces lors des pauses métacognitives est essentiel pour structurer une réponse. L'utilisation de questions systématiques semblent favoriser la prise d'habitude. Cette idée est donc à poursuivre. Néanmoins, la « rigidité » du cadre imposé ne semble pas profitable. Un espace plus grand pour favoriser la production des élèves pourrait être envisagé et la consigne de surligner l'hypothèse émise ou l'interprétation formulée dans l'ensemble de la production écrite pourrait répondre aux critiques formulées par les élèves. La production attendue pourrait être davantage laissée à la liberté de l'élève en écrivant des

phrases, des mots-clés, en représentant une carte mentale ou encore en réalisant un schéma annoté.

Émotions lors des pauses métacognitives

Marie exprime clairement une émotion négative lorsqu'elle éprouve une difficulté à verbaliser durant les pauses métacognitives. En lien avec la théorie d'Eccles et Wigfield (2002), nous soulignons que la réalisation d'une pause métacognitive a un certain coût, regroupant certains aspects négatifs, comme des émotions négatives, et exerce une influence sur l'engagement dans la tâche. L'énervement décrit par Marie apparait comme une source de blocage dans sa dynamique d'apprentissage et dans son engagement à poursuivre la pause métacognitive. Mener une pause métacognitive est source d'émotions. Qu'elles soient positives ou négatives, elles influencent la perception que l'on a de la tâche et la motivation à la réaliser. Il pourrait être intéressant de porter un regard sur les émotions que génèrent les pauses métacognitives. Avec la situation de Marie, nous observons une émotion négative, comme de l'énervement, car cette dernière se sent dépassée par une tâche qui lui parait trop complexe. À l'inverse, la pause métacognitive se voulant être un arrêt, un ralentissement du rythme du cours pour prendre le temps de réfléchir, serait-il possible que la pause métacognitive soit un temps d'apaisement ? Il pourrait être intéressant de porter une réflexion sur des éléments à mettre en œuvre durant les pauses métacognitives, comme la concentration sur sa respiration, l'importance de fermer les yeux avant de répondre ou encore l'intérêt de diffuser un son calme pour débuter la pause métacognitive. Il est intéressant de relever que l'inhibition, fonction exécutive développée dans notre dispositif, concoure à réguler les émotions (Diamond, 2013a ; Delalande, 2020). Un élément de réflexion intéressant est l'influence que peut avoir le contrôle inhibiteur à réguler les émotions durant une pause métacognitive.

La place de l'approche socio-constructiviste

De notre étude de cas, il ressort que l'étape de la discussion en groupe au terme de la phase de pause métacognitive est essentielle. Les cinq élèves soulèvent que ce moment est riche en enseignements. Ils mettent en avant l'importance des échanges d'idées lors de ce temps de discussion. Ils relèvent que des échanges de connaissances peuvent avoir lieu, permettant de prendre conscience d'autres idées et de faire évoluer les leurs. Ils relèvent également que ce temps de discussion permet d'échanger sur les stratégies métacognitives mises en œuvre et d'en prendre conscience. Cette étape de la démarche proposée est véritablement socioconstructiviste. Dans l'interaction entre élèves, les échanges d'idées favorisent l'évolution des représentations. Bächtold (2012), dans son regard sur le socioconstructivisme dans l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, rappelle une idée de Bruner décrivant l'apprentissage comme coopératif mettant l'accent sur l'entraide entre élèves. Bächtold rappelle également l'importance de l'acculturation des élèves par l'enseignant durant cette étape socioconstructiviste. Legendre (2008) décrit le rôle essentiel de l'enseignant dans cette démarche comme médiateur pour favoriser discussions et débats dans le respect de tous. Nous proposons que ce temps socioconstructiviste soit véritablement enrichi par la pause métacognitive vécue individuellement, pour prendre

connaissance de ses propres représentations et pour pouvoir les communiquer et les remettre en question plus efficacement afin de les faire évoluer.

Les enseignants soulignent également la richesse de ce temps de discussion. En portant une attention spécifique aux questions qu'ils posent aux élèves, ils peuvent aider ces derniers à mettre des mots sur leurs idées et représentations. Les enseignants interrogés soulignent également que ce temps de discussion avec la classe leur permet de prendre conscience des représentations des élèves. Ils relèvent les représentations correctes, mais également erronées. Ils peuvent alors mettre en place une démarche supplémentaire pour tenter de faire évoluer les représentations des élèves et favoriser l'ancrage de nouvelles connaissances.

> L'analyse des représentations peut fournir des indications plus précises en termes d'évaluation que l'analyse d'une information ponctuelle comme une réponse à une question. Faire émerger les représentations avant et après une séquence pédagogique permet également de faire état des éventuelles transformations de celles-ci et de mieux appréhender l'impact de la séquence pédagogique. (Dehon et Derobertmasure, 2016, p.28)

Nous relevons au terme de ces différentes analyses que notre hypothèse de départ portant sur l'appropriation du dispositif par les élèves ne semble pas tant liée à l'implication scolaire mais davantage à la perception qu'ils ont de la tâche à réaliser et la valeur qu'ils lui accordent.

5.4.3.2. Liens avec l'approche quantitative

La deuxième partie de cette discussion porte sur la réponse à apporter à la seconde question évoquée : « Comment se fait-il que les élèves du groupe 4 (M+CI) ne soient pas ceux qui progressent le plus, alors que ce sont eux qui ont vécu le dispositif le plus complet ? ».

La motivation à mener une pause métacognitive

Un premier facteur explicatif transparaissant dans les données partagées par les élèves emblématiques est la motivation à mener le dispositif didactique. Que ce soit Viau et Louis (1997) ou Eccles et Wigfield (2002), le cadre théorique de la dynamique motivationnelle offre un certain regard sur la motivation à mener le dispositif didactique dans son ensemble (la démarche d'investigation enrichie des pauses métacognitives et de l'entrainement du contrôle inhibiteur). Ces auteurs proposent une explication reposant sur trois axes transparaissant dans les données recueillies : la perception de la valeur de la démarche didactique, la perception de sa propre compétence à mener la démarche didactique et la perception de la contrôlabilité de la démarche didactique.

La perception de la valeur de la tâche à réaliser est assez faible. Au travers des données recueillies, à l'exception de Claire qui semble exprimer une certaine compréhension de la démarche menée, les élèves ne semblent pas conscients de l'intérêt de la pause métacognitive sur leurs apprentissages. Ils en ont dès lors une perception de valeur assez faible.

La perception de sa compétence à réaliser la pause métacognitive est assez variable. Marc ou Marie expriment que cela dépend de leurs connaissances antérieures sur le sujet étudié. Si

le sujet a déjà été étudié en contexte scolaire et leur semble maitrisé, la démarche leur parait simple et ils ont le sentiment d'être davantage capable de réaliser la pause métacognitive. À l'inverse, s'ils ont l'impression de n'avoir jamais étudié le sujet dans le cadre scolaire ou si les connaissances à mobiliser leur paraissent moins claires, ils expriment que la démarche est plus complexe. Ils se sentent moins capable de la réaliser. Cette perception de leur compétence plus faible va jusqu'à mener Marie à exprimer une émotion négative. Ce constat soulève un problème puisque la démarche didactique menée (métacognitive et centrée sur l'inhibition) a pour objectif d'être utile pendant l'apprentissage et non après. Nous sommes bien dans une démarche où l'on prend conscience des représentations initiales et non de savoirs corrects à mobiliser. Nous questionnons la peur de l'erreur chez les élèves.

Enfin, la perception de la contrôlabilité s'analyse selon trois niveaux. Étant dans la situation d'une démarche à réaliser individuellement dans un premier temps, la contrôlabilité, en termes de lieu de contrôle, peut être forte, car la réalisation de la tâche repose sur des connaissances antérieures et l'expression de celles-ci ou la production d'hypothèses ou d'interprétations. À l'inverse, les élèves mentionnant que l'aisance à réaliser la pause métacognitive dépend de leur compétence à aller mobiliser des connaissances antérieures, ils pourraient estimer que la contrôlabilité est plus faible, car elle dépend du sujet étudié sur lequel ils n'ont pas d'emprise. Au regard de la responsabilité à mener correctement une pause métacognitive, les élèves mettent cela en lien avec leurs connaissances antérieures, mais également avec leur aisance à exprimer à l'écrit leurs représentations initiales. Enfin, le troisième niveau porte sur le besoin qu'à l'élève à réguler ses actions. Dans notre situation, l'élève est libre d'améliorer sa production s'il en a le besoin. Il peut adapter ce qu'il exprime.

Si ces trois axes semblent varier chez les élèves, nous relevons que, s'ils sont assez faibles, il y a un risque de désengagement des élèves dans la démarche à mener. Nous avons précisé observer cela chez les élèves à différents niveaux. Thomas ou Luc décrivent une faible valeur accordée à la pause métacognitive, ce qui réduit leur motivation à réaliser la démarche. Marie présente une motivation plus faible, car elle accorde une faible valeur à la tâche mais a également une faible perception de sa compétence. Dans leur théorie de la dynamique motivationnelle des étudiants, Viau et Louis (1997) expliquent également que la motivation est nécessaire pour favoriser un engagement cognitif. Or, ils relèvent que la métacognition nécessite un engagement cognitif important.

Ces différents éléments conduisent à une première explication de la faiblesse des résultats obtenus dans le groupe 4 (M+CI). S'il y a un désengagement dans les activités trop nombreuses, trop lourdes, le dispositif perd de son efficacité et dès lors, la progression du développement de la pensée critique n'est pas aussi forte.

L'expression écrite comme source de difficulté

Marc ou Marie expriment leur difficulté à exprimer leurs pensées par écrit. Comme le rappellent Chanquoy et al., dans le contexte de l'apprentissage de l'écrit en français, « comparativement à l'oral, l'écrit est largement plus complexe, lent et nécessite des efforts. » (Chanquoy et al., 2018, p. 109) Nos élèves expriment également l'intérêt de réaliser des pauses métacognitives reposant uniquement sur l'expression orale pour sa facilité à

produire une réponse. Thomas nuance néanmoins cela en rappelant qu'il est alors plus compliqué de construire sa réponse et de l'affiner. Claire renchérit en précisant que pouvoir donner son avis à l'écrit est important. Nous relevons que ce sont les élèves présentant une meilleure réussite de l'année scolaire (Thomas et Claire) qui expriment l'intérêt de recourir à l'écrit. Nous soulignons l'acculturation à l'école et la compréhension des attentes de l'enseignant et de l'institution. Nous sentons ainsi une tension entre la verbalisation écrite ou orale. Bien que produire une réponse écrite est plus complexe, nous soutenons qu'il s'agit d'une démarche à entrainer. Dans le contexte d'une pause métacognitive non évaluée, les élèves ont le loisir d'entrainer la production écrite. Chairat Roux (2011) explique qu'il existe deux catégories d'écrits en sciences : l'écrit normé et l'écrit de travail. L'écrit normé fait référence aux codes à utiliser dans l'expression des sciences tels que la formulation d'hypothèse ou encore la rédaction d'un rapport de laboratoire. L'écrit normé répond à la question de l'évaluation. À l'inverse, l'écrit de travail est plus libre et le meilleur moyen, selon cette autrice, de faire émerger les représentations des élèves. Une idée à développer, lors de la formation des élèves à mener les pauses métacognitives, est la place de l'écrit durant ces pauses et dans l'apprentissage des sciences. L'écrit peut y être plus libre, faisant fi des codes dans l'enseignement, non évalué, ainsi qu'une invitation supplémentaire à entrainer cette compétence d'expression et de rédaction. Une autre piste à envisager est l'alternance entre des pauses métacognitives réalisées uniquement oralement ou également ayant une phase écrite.

La place de l'entrainement du contrôle inhibiteur dans le dispositif global

Les observations soulignent que les enseignants se sont peu exprimés sur l'entrainement au contrôle inhibiteur. Nous savons que le dispositif mis en œuvre pour cela a bien fonctionné et n'est dès lors peut-être pas source de discussion. Néanmoins, nous questionnons si cet entrainement n'a pas été trop décontextualisé et « oublié » par rapport aux pauses métacognitives. Dans le groupe 4 (M+CI), les pauses métacognitives ont été génératrices de discussions et d'une attention importante de la part des élèves et des enseignants, car ces pauses ont occupé un certain temps. À l'inverse, l'entrainement au contrôle inhibiteur était réduit à quelques minutes par semaine. Il était très systématique, car un cours hebdomadaire commençait toujours par cela en quelques minutes. Ces entrainements, bien que réguliers, n'ont soulevé aucune discussion ou très peu. Au fur et à mesure de l'année, bien que les raisons de cet entrainement aient été expliquées en début d'année, une perte de sens de ce dernier s'est peut-être développée et les élèves s'y sont moins impliqués.

Malgré une formation à ce propos, les élèves ont une faible compréhension de ce qu'est le contrôle inhibiteur et de la façon dont son renforcement peut les aider dans leurs apprentissages. Comme précédemment détaillé dans la dynamique motivationnelle, la perte (ou la diminution) de la perception de la valeur accordée à l'entrainement du contrôle inhibiteur peut induire un désengagement dans la démarche. Dans le cas présent, nous questionnons la conscience accordée à l'entrainement du contrôle inhibiteur au fur et à mesure de l'année.

Ainsi, un autre regard explicatif pourrait être que l'entrainement du contrôle inhibiteur dans le groupe 4 (M+CI), bien que peu contraignant durant l'année scolaire, n'ait pas été autant efficace que dans le groupe ne vivant que l'entrainement du contrôle inhibiteur (groupe 2), car l'ensemble du dispositif était trop conséquent par rapport à l'ensemble du vécu du cours de sciences.

Le temps de mise en œuvre du dispositif durant un cours de sciences de base

Le temps de mise en œuvre du dispositif dans un cours de sciences de base à trois heures par semaine questionne. Il faut rappeler que le dispositif a été conçu de façon à limiter son impact sur le temps en classe. Les cinq élèves emblématiques provenant de groupes classes suivant le cours de sciences générales (5h par semaine), il faut se tourner du côté des enseignants pour relever des réflexions à ce propos. Nous constatons que l'impact en temps du dispositif didactique n'a peut-être pas posé de problème dans le cours de sciences générales, mais que cela a été un problème dans un cours de sciences de base. Dans un cours à trois heures par semaine, Monsieur A a dû poser des choix entre respecter la mise en œuvre du dispositif complet des pauses métacognitives, la réalisation des entrainements hebdomadaires du contrôle inhibiteur et la progression même du cours de sciences et de ses chapitres. Ainsi, malgré notre volonté de répondre à cette contrainte de temps et de respect du programme scolaire, nous constatons ne pas avoir pleinement atteint cet objectif. Cela soulève la nécessité d'adapter le dispositif pour sa mise en œuvre future. Il est important de revoir le nombre de situations-problèmes, de démarches d'investigation, dans lesquelles des pauses métacognitives sont intégrées.

Nous pouvons également rappeler le rôle de l'enseignant dans la conception des situations-problèmes et de l'introduction des pauses métacognitives dans les démarches d'investigation les plus appropriées. Lors de la conception du dispositif de recherche, nous avons réfléchi aux meilleurs moments pour introduire les pauses métacognitives. Malgré cette réflexion, nous avons sûrement souhaité en introduire un trop grand nombre dans le cours de sciences. Nous formulons ainsi la réflexion suivante. L'enseignant souhaitant mettre en œuvre des pauses métacognitives au cœur des DI de son cours de sciences ne doit pas le faire à tout prix. Il doit veiller à intégrer ces pauses métacognitives avec un certain espace dans le temps, afin de ne pas surcharger cognitivement les élèves. Il peut également veiller à alterner des pauses métacognitives portant sur des concepts déjà appris, donc moins complexes à mener, et des pauses métacognitives sur des concepts plus éloignés d'un précédent vécu. Face à la difficulté des élèves à exprimer leurs idées, l'enseignant doit envisager une gradation dans la complexité des pauses métacognitives envisagées, en fonction de la maitrise de connaissances antérieures ou non. Enfin, la structure même de la pause métacognitive peut être revue. Par exemple, les élèves répondent à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » avant l'émission d'hypothèse. Ensuite, avant la phase d'interprétation, ils reviennent sur ce qu'ils ont déjà écrit et le complètent avec une autre couleur. Ils n'ont peut-être pas besoin de tout réécrire, mais simplement de corriger, d'améliorer, de réfuter ou de valider, pour poursuivre la démarche d'interprétation.

Par ailleurs, les réflexions portant sur le cours de sciences de base, formulées par Monsieur A sont intéressantes, car elles soulignent la complexité à mettre en œuvre le dispositif didactique tel qu'il a été imaginé dans des groupes classes de plus de 20 élèves, mais également dans des groupes classes moins « intéressés » par les sciences ou ayant une attitude moins scolaire en général. Cela souligne la nécessite d'une véritable réflexion si le dispositif devait être envisagé dans un autre contexte. Un regard sur les outils pédagogiques de gestion de classe doit être porté sur le dispositif. Dans le dispositif didactique créé, la pause métacognitive se termine par le temps de discussion en groupe classe. Peut-être faut-il envisager un temps de discussion différent. Par exemple, permettre aux élèves d'en discuter d'abord avec leur voisin calmement, afin de ne pas devoir attendre toute la classe puis de poursuivre la discussion en grand groupe.

En sciences générales, les groupes classes sont généralement plus petits et la gestion de classe y est donc différente et l'attention demandée par les élèves n'est pas la même. Les élèves choisissant l'option scientifique à 5h par semaine ont un intérêt, à priori, plus grand pour le cours de sciences et la façon de s'y impliquer. Avec 5h de cours par semaine contre 3h par semaine en sciences de base, l'enseignant est plus à l'aise pour mettre en place l'entrainement au contrôle inhibiteur, mais aussi les pauses métacognitives. Ainsi, les classes de sciences générales avec le double dispositif sont estimées optimales pour observer des changements. Or, nous n'avons pas fait cette nuance dans le dispositif de recherche.

La formation initiale des élèves et la répétition des objectifs soutenus

Nous observons que les élèves définissent les concepts travaillés de façon très imprécise. Ils semblent en oublier le sens au regard de l'apport pour leur démarche d'apprentissage, alors que cela leur avait été présenté initialement. Nous pensons que cela est une preuve du manque de valeur accordée à la démarche didactique, que ce soit la métacognition ou le contrôle inhibiteur. Nous proposons des améliorations à ce niveau. Dans un prochain dispositif, la formation initiale des élèves doit être renforcée. Le temps de formation imaginé initialement pour leur faire découvrir l'importance de la pensée critique et la place que peuvent occuper la métacognition et l'inhibition, était très transmissif. Une autre approche où l'on favorise la prise de conscience par les élèves de l'intérêt de la métacognition et du contrôle inhibiteur est à envisager. Parallèlement à cela, les deux dispositifs mis en œuvre, doivent faire l'objet d'une réactivation durant l'année. Il est intéressant qu'une habitude soit prise dans leur mise en œuvre mais cela ne doit pas se faire au détriment de leur sens et de leur valeur pour favoriser les apprentissages. Relevons que les pauses métacognitives occupent plus de temps que l'entrainement du contrôle inhibiteur. Les élèves en oublient, peut-être, l'intérêt de l'entrainement de l'inhibition. Il pourrait être intéressant que l'entrainement hebdomadaire fasse l'objet d'un rappel de son objectif même.

Limites

Cette recherche qualitative présente plusieurs limites à garder à l'esprit, afin d'apprécier ses résultats au mieux.

Premièrement, nous rappelons qu'il s'agit d'une étude de cas et que, par conséquent, les observations réalisées et leurs interprétations n'offrent que des informations précises pour les

cinq élèves emblématiques observés. Néanmoins, au regard des choix opérés afin de sélectionner ces élèves emblématiques, nous pouvons estimer que ces derniers apportent une partie de l'explication du plus grand groupe de recherche duquel ils sont issus (groupe 4). En lien avec cette réflexion sur la méthodologie mise en place, nous soulignons que le choix même de croiser des données de plusieurs matériaux différents est une limite en soi. Nous avons récoltons un nombre de matériaux fini et nous réalisons leur analyse a posteriori. Il ne nous est donc pas possible d'obtenir des informations complémentaires afin d'étayer un élément peu clair.

Deuxièmement, nous devons tenir compte de l'effet « Hawthorne » (Liamputtong, 2020). Cet effet décrit l'évolution de l'attitude des élèves, sachant qu'ils participent à une recherche scientifique. Les élèves emblématiques choisis savent qu'ils sont au cœur d'une recherche en sciences de l'éducation et ils savent que leurs productions et leurs interventions font l'objet d'analyses. Ils peuvent dès lors être tentés de montrer davantage de motivation à réaliser la tâche ou avoir tendance à répondre « pour faire plaisir au chercheur ». Concernant la motivation, notre dispositif s'étant déroulé pendant plusieurs semaines, nous ne pensons pas que cela puisse avoir influencé véritablement la réception du dispositif, car il aurait fallu maintenir cette motivation importante pendant plusieurs semaines. Concernant la tendance à répondre « pour faire plaisir », nous sommes conscients que les entretiens semi-directifs ont été réalisés par l'enseignant-chercheur avec ses propres élèves. Les élèves peuvent avoir répondu pour faire plaisir à cette personne qu'ils côtoient durant un an et qui les évaluent par ailleurs dans le cadre scolaire. Nous sommes face à un biais de désirabilité sociale.

Troisièmement, l'étude de cas n'a pas la volonté de représenter l'ensemble des élèves, mais de porter une attention sur le cas qui nous intéresse comme faisant partie d'un plus grand ensemble d'élèves pouvant réagir de façon similaire et pouvant expliquer un regard sur le dispositif vécu. L'étude de cas nous permet de mieux comprendre la dynamique créée, mais ne peut permettre la généralisation des informations obtenues. Tout d'abord, nous rappelons qu'il s'agit d'une étude de cas et que, par conséquent, les observations réalisées et leurs interprétations n'offrent que des informations précises pour les cinq élèves emblématiques observés. Néanmoins, au regard des choix opérés afin de sélectionner ces élèves emblématiques, nous pouvons estimer que ces derniers apportent une partie de l'explication du plus grand groupe de recherche duquel ils sont issus (groupe 4).

Quatrièmement, le contexte de l'étude est spécifique à un cadre de recherche particulier. Nous avons conscient que l'expérimentation s'est déroulée dans un milieu scolaire favorisé avec des élèves ayant choisi une filière d'enseignement conduisant à des études supérieures. Ce contexte spécifique implique que les enseignants doivent se préoccuper différemment de la gestion de classe que dans d'autres conditions ; il implique également que les élèves adoptent globalement une attitude plus scolaire. Nous entendons par là qu'ils réalisent avec une rigueur plus ou moins grande les tâches scolaires qui leur sont demandées. Ainsi, si dans ce milieu pouvant paraitre « idéal », nous relevons que la démarche est complexe à mettre en œuvre, son adaptation à d'autres situations est indéniable. Notre étude ne permet pas de rendre compte de l'appropriation du dispositif dans un contexte scolaire moins favorisé ou avec des élèves d'une autre filière, comme l'enseignement qualifiant. Observer ce public

spécifique pourrait être extrêmement riche sachant que des élèves dans l'enseignement qualifiant sont dans une perspective professionnalisante et qu'ils portent peut-être dès lors un autre regard sur le développement de leur pensée critique.

Cinquièmement, le niveau de pensée critique des enseignants prenant part à cette étude n'a pas été initialement vérifié. Comme le rappelle Abrami et al. (2008), il est important que l'enseignant soutenant le développement de la pensée critique de ses élèves fasse lui-même preuve de pensée critique. Ainsi, bien que les enseignants soient motivés par prendre part au dispositif didactique et en sont les acteurs, leur propre niveau de pensée critique peut influencer ce qu'il exprime aux élèves, leur aisance à verbaliser la démarche métacognitive à mener et, in fine, l'implication des élèves dans le dispositif.

Enfin, nous relevons une limite de temps pour mettre en œuvre l'ensemble du dispositif dans les groupes de sciences de base. Ayant le regard de Monsieur A sur le cours de sciences de base, nous soulignons que des choix ont dû être posés par cet enseignant pour permettre au mieux le respect du programme scolaire, tout en mettant en œuvre le dispositif didactique des pauses métacognitives et de l'entrainement du contrôle inhibiteur. Ces choix, bien que nécessaires, ont pu influencer l'appropriation du dispositif par les élèves et donc, son influence sur le développement de la pensée critique.

Prolongements

Cette étude qualitative, grâce à l'ensemble des analyses réalisées, permet d'envisager plusieurs prolongements.

Comme cela a déjà été exprimé, le dispositif didactique n'a pas fait l'unanimité parmi les élèves interrogés, nous pouvons supposer que des avis similaires se retrouvent chez les autres élèves. Ainsi, ces résultats sont une opportunité d'améliorer le dispositif de façon à ce qu'il réponde mieux aux attentes des élèves. Le choix des situations-problèmes peut aussi être envisagé selon une évolution croissante de complexité. Les traces lors des pauses métacognitives peuvent être réalisées oralement ou à l'écrit. Le document même servant à guider la pause métacognitive peut être amélioré de façon à laisser plus de liberté de rédaction aux élèves. La réalisation des pauses métacognitives peut être mieux répartie durant l'année et peut-être suivant un rythme moins soutenu (une dizaine durant l'année scolaire complète). Si nous pensons que mener deux pauses métacognitives par démarche d'investigation est optimal, la forme entre la première et la seconde pause métacognitive peut varier : celle réalisée avant l'émission d'hypothèses serait orale, celle précédant la formulation d'interprétation serait écrite (ou inversement). Au regard de l'enseignement des sciences, la pause métacognitive préalable à l'émission d'hypothèses favorise la prise en compte des représentations initiales ; la pause métacognitive préalable à la phase d'interprétation favorise leur déconstruction pour produire de nouvelles connaissances.

Le dispositif étant assez lourd à mettre en œuvre et semblant néanmoins pertinent aux regards des élèves, il peut être envisagé durant plusieurs années, comme les trois dernières années du tronc commun. Afin d'atteindre cet objectif, cela passera par un renforcement, durant la formation initiale des enseignants, des concepts développés dans le dispositif (le développement de la pensée critique, la métacognition et les neurosciences en éducation).

Nous remarquons également que la gestion de la discussion en groupe classe au terme de la pause métacognitive est essentielle. La compréhension fine de l'importance de l'étayage réalisé par l'enseignant durant cette démarche, fait également partie de la formation initiale de ce dernier et est à valoriser.

Enfin, la posture même de l'enseignant est à questionner. L'enseignant « devrait créer un environnement suscitant la curiosité et la réflexion critique, soit un environnement d'apprentissage visant à provoquer la discussion, où les apprenants sont encouragés à poser des questions et à partager leur point de vue en le justifiant. » (Barbier, 2024, p. 75) Il serait intéressant d'observer et d'accompagner les enseignants mettant en place un tel environnement. La création de cet environnement est chronophage et nécessite une réflexion importante. La mutualisation d'idées et de ressources pour sa mise en place est une bonne façon de promouvoir le développement de la pensée critique des élèves et de continuer à faire vivre le dispositif didactique créé.

L'essentiel à retenir

Cette analyse qualitative de l'étude 3 met en lumière plusieurs éléments clés.

L'implication scolaire globale des élèves ne reflète pas nécessairement leur implication dans le dispositif. En particulier, les pauses métacognitives sont perçues de manière mitigée : les élèves éprouvent des difficultés à s'approprier cette démarche, jugée complexe, inhabituelle ou émotionnellement inconfortable. Cette perception négative affaiblit leur motivation et réduit l'effet global du dispositif, surtout lorsque les tâches sont jugées trop nombreuses ou trop lourdes.

Un décalage est également observé entre les intentions des élèves (reconnaissance de l'intérêt de la démarche) et leurs actions réelles (faible mise en œuvre effective). Par ailleurs, les élèves peinent à articuler leurs représentations initiales avec la formulation d'hypothèses ou l'interprétation des résultats. Des difficultés de transfert des apprentissages sont aussi relevées, même à court terme et plus encore, lorsque des connaissances antérieures doivent être remobilisées après un certain laps de temps.

Le document utilisé pour les pauses métacognitives est critiqué : jugé redondant et peu engageant, il ne favorise pas pleinement la réflexion attendue. En revanche, la discussion collective qui suit ces pauses s'avère précieuse : elle permet des échanges sur les connaissances, mais également sur les stratégies métacognitives, favorisant la prise de conscience et l'évolution des idées.

Enfin, l'étude suggère que, dans le groupe ayant bénéficié à la fois des pauses métacognitives et de l'entrainement au contrôle inhibiteur, l'effet du dispositif pourrait être amoindri par sa lourdeur relative durant le cours de sciences, comparativement au groupe ayant uniquement suivi l'entrainement au contrôle inhibiteur.

Chapitre 6

Discussion générale

Grâce aux trois études menées, nous retenons et discutons les éléments suivants. Le rôle de l'enseignant semble essentiel pour favoriser le développement de la pensée critique, que ce soit par les dispositifs didactiques qu'il met en place ou les interactions qu'il établit et favorise avec et entre les élèves. Le développement de la pensée critique ne peut être laissé au hasard et doit reposer sur un dispositif construit. Un dispositif, centré soit sur l'entrainement du contrôle inhibiteur, soit la mise en place de pauses métacognitives dans la démarche d'investigation, semble particulièrement bénéfique. Ce dispositif ancré en didactique des sciences par la démarche d'investigation propose un enrichissement oscillant entre socioconstructivisme et cognitivisme, et est intégré dans un contexte d'apprentissage précis. Au-delà du dispositif mis en place, notre méthodologie mixte semble particulièrement adéquate pour relever des éléments saillants quantitativement et apporter un éclairage des données par l'analyse de l'étude multi-cas.

Discussion générale

Jusqu'à présent, nous avons abordé notre démarche empirique en scindant les trois études réalisées. Cette approche est cohérente, car les études se sont succédé temporellement et chaque étude a nourri la suivante. Il est à présent temps de remettre du lien entre celles-ci afin d'en présenter une discussion générale. Dans un premier temps, nous revenons sur les questions de recherche et les hypothèses formulées, afin d'y apporter une réponse éclairée. Ensuite, en nous appuyant sur nos définitions conceptuelles, la recension des écrits et une analyse croisée des résultats obtenus, tout en adoptant une posture réflexive, nous examinons successivement : l'apport de l'étude 1 concernant les pratiques enseignantes, le rapport entre le CCTT en tant qu'outil d'évaluation et les processus mobilisés au sein du dispositif, les articulations entre les résultats quantitatifs et qualitatifs de l'étude 3, les limites méthodologiques rencontrées, ainsi que la position adoptée entre les cadres socioconstructiviste et cognitiviste. Enfin, nous discutons des contributions du dispositif à la didactique des sciences, aux pratiques enseignantes et à la prise en compte de la diversité des élèves.

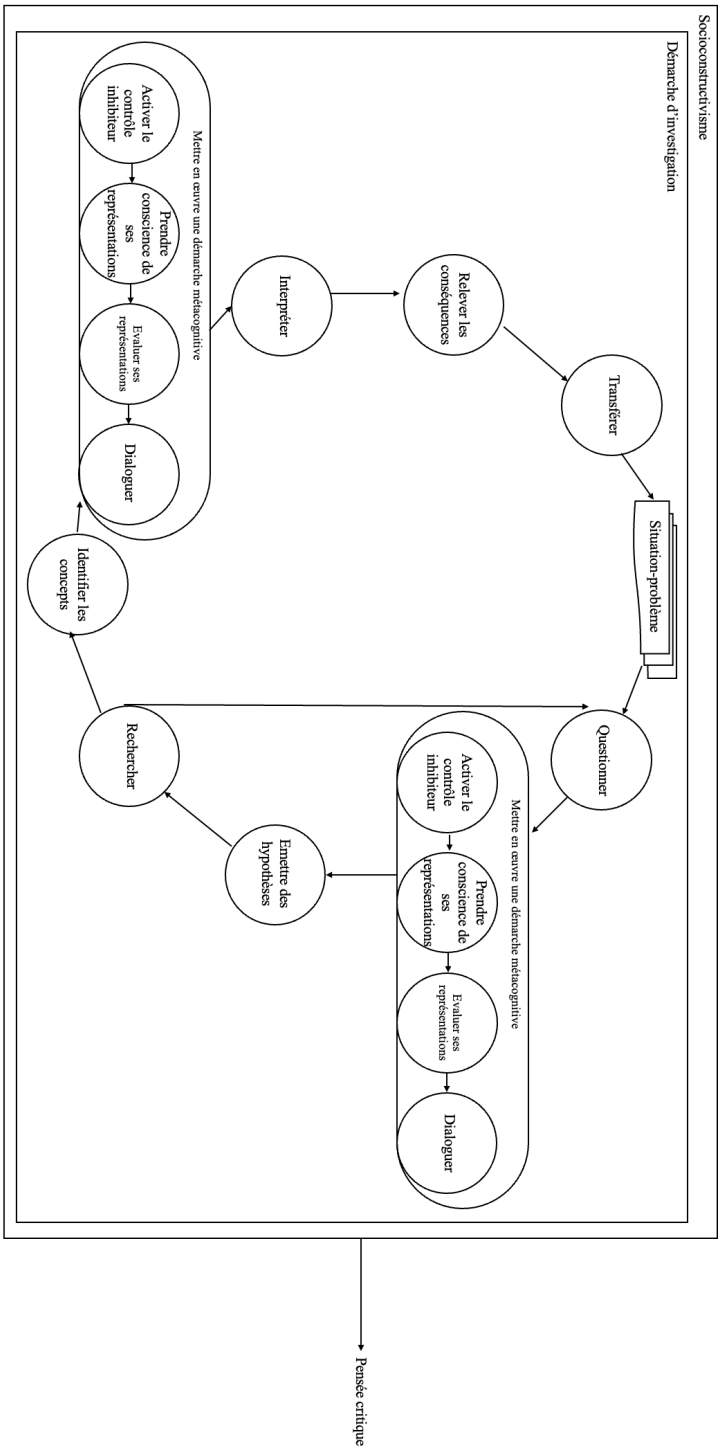
6.1. Retour sur le dispositif et les objectifs poursuivis

Grâce à l'ensemble des cadres théoriques mobilisés, nous avons établi une question de recherche principale :

Comment la mise en œuvre de pauses métacognitives et d'un entrainement du contrôle inhibiteur influence-t-elle l'évolution de la pensée critique, développée dans le cadre de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation ?

Pour apporter une réponse à cette question, nous avons réalisé un état de l'art et établi notre propre cadre théorique, nous avons mené une première recherche s'intéressant aux représentations des enseignants et à leurs pratiques et nous avons finalement établi un modèle didactique du dispositif (cf. Figure 43) à mettre en œuvre afin de favoriser le développement de la pensée critique. Ce dispositif a été expérimenté au cours de deux études et, grâce à notre méthodologie, des résultats ont été produits et analysés afin de répondre à cette question.

Figure 43. Modèle opératoire du dispositif



6.1.1. L'étude 1, les représentations des enseignants

L'étude 1 mettant en lumière, parmi d'autres données, l'intérêt que les enseignants expriment pour les pratiques liées à la métacognition et au contrôle inhibiteur pour favoriser le développement de la pensée critique de leurs élèves, nous utilisons notamment ces données pour établir notre modèle (cf. Figure 43). Cette recherche exploratoire quantitative à visée descriptive soutient trois questions.

« Qu'évoque le concept de pensée critique pour les enseignants belges francophones ? »

À la première question, notre hypothèse est que les enseignants ont des représentations très variées de la pensée critique, car le concept de pensée critique peut être abordé de multiples façons. Au-delà de cette grande variété de représentations, nous pensons qu'elles sont imprécises et simplifiées. Cette hypothèse est pleinement vérifiée.

Premièrement, nous observons une grande hétérogénéité dans les définitions proposées, ce qui révèle une diversité significative des représentations conceptuelles de la pensée critique, comme l'a déjà démontré Larivière (2023). Deuxièmement, nous notons l'utilisation de termes en lien avec le contrôle inhibiteur et la métacognition. Ce constat est particulièrement pertinent, car il soutient l'intérêt d'examiner le lien entre le développement de la pensée critique et le contrôle inhibiteur (Houdé, 2018), ainsi que la métacognition (Broyon, 2006). Troisièmement, il apparaît qu'une majorité d'enseignants (60 %) définissent la pensée critique en se limitant à une seule capacité. Par ailleurs, aucun enseignant n'utilise plus de six capacités pour définir la pensée critique, alors que la littérature experte en propose plusieurs dizaines (Ennis, 2015; Paul et al., 1989). Cette observation suggère une méconnaissance du concept parmi les enseignants et témoigne de la complexité inhérente à la pensée critique. De plus, un manque de connaissance des capacités associées à la pensée critique pourrait indiquer un déficit d'idées sur les compétences à développer concrètement en classe pour favoriser cette pensée. En lien avec cela, nous notons que, pour les enseignants, le développement de la pensée critique ne passe pas tant par une démarche complète (approche globale), que par l'activation d'habiletés spécifiques (approche centrée sur une capacité). Cette préférence contraste avec l'approche globale préconisée par Boisvert (1999), jugée plus efficace qu'une approche focalisée sur des habiletés ou compétences spécifiques. Enfin, nous relevons que le moment d'activation d'une pensée critique durant une tâche a de l'importance pour un bon nombre d'enseignants. En effet, ils proposent d'activer une pensée critique à différents moments d'une tâche, soit en amont, soit en aval, soit à ces deux moments. En croisant ces observations avec le modèle de Paul et Elder (2008) et la démarche d'investigation en sciences (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2022), il serait pertinent de réfléchir aux moments d'activations des capacités critiques dans une démarche d'investigation, afin que celle-ci soit porteuse de sens pour les enseignants et les élèves. De plus, un élément qui leur parait également essentiel est le dialogue et l'entraide avec les collègues. Ce constat corrobore la recherche soutenue par Talérien et al. (2019) qui met en évidence l'importance des échanges de pratiques entre pairs pour favoriser le développement professionnel. Par ailleurs, proposer des démarches et des outils permettant le développement

de capacités méconnues permettra aux enseignants de mieux mettre en œuvre les prescrits scolaires. Nous mettons ici en lumière le lien entre le caractère indispensable de la pensée critique et les actions pédagogiques à mettre en œuvre pour la développer.

« Quelles capacités jugent-ils essentielles au développement de la pensée critique ? »

À la deuxième question, nous émettons l'hypothèse que les enseignants mettent essentiellement en avant les capacités liées à la recherche d'informations sur internet et à la critique de média (vérifier la source, croiser les données), car ce sont les capacités les plus véhiculées dans la société et les médias. Nous pensons néanmoins que ces capacités essentielles sont différentes en fonction de la matière enseignée. Cette deuxième hypothèse est rejetée.

Tout d'abord, parmi les capacités les plus citées, deux sont liées au contrôle inhibiteur. L'activation du contrôle inhibiteur semble essentielle pour les enseignants pour faire preuve de pensée critique. Seule une capacité liée à la métacognition est présente. La métacognition, bien que jugée importante dans les apprentissages (Allix et al., 2022) et en lien avec le développement de la pensée critique (Broyon, 2006), est mal connue des enseignants et peu mise en œuvre de façon consciente. Ces éléments sont en lien avec l'étude de Barbier et al. (2024). Celle-ci relève que les futurs enseignants du secondaire ont une mauvaise compréhension de ce qu'est la métacognition et de son importance dans les apprentissages. Ensuite, parmi les dix capacités relevées, nous constatons que les enseignants en sciences en ciblent trois en lien avec le contrôle inhibiteur, alors que l'ensemble de l'échantillon n'en cible que deux. Nous constatons que la capacité « Prendre distance par rapport à ses représentations initiales » apparait dans ce classement. Le concept de « représentations initiales » est présent en didactique des sciences ; cela fait écho chez les enseignants de cette matière (Orange, 2000). De Checchi et al. (2023) ont interrogé les représentations des enseignants de SVT (Sciences de la Vie et de la Terre) sur la pensée critique. Ils relèvent que, pour les enseignants interrogés,

> l'esprit critique renvoie à une attitude consistant à être précautionneux dans ses jugements, à prendre le temps de la réflexion et à éviter les décisions hâtives qui pourraient mener à croire des choses fausses ou à se fier à de mauvaises informations. (De Checchi et al., 2023, p.59)

Ces observations sont en accord avec les capacités liées au contrôle inhibiteur mises en avant par les enseignants en sciences. À l'exception de ce cas précis, les enseignants ne relèvent pas de capacités essentielles différentes en fonction des disciplines enseignées.

« Quelles capacités sont favorisées pour développer la pensée critique des élèves ? »

À la troisième question, notre hypothèse est que les enseignants sont en accord avec les capacités qu'ils mettent en œuvre. Nous pensons qu'ils se centrent sur l'analyse de documents et des médias en mettant l'accent sur la vérification de sources et le recoupement de celles-ci. Comme précédemment, nous pensons qu'en fonction de la matière enseignée, le regard n'est pas le même. Cette hypothèse est partiellement vérifiée.

En cohérence avec les définitions qu'ils proposent, la capacité la plus fréquemment adoptée par les enseignants est « Admettre ses propres erreurs ». Au regard de ce résultat, nous suggérons que mettre en lien la pensée critique et l'activation du contrôle inhibiteur est perçu comme pertinent par les enseignants. Dans le cadre théorique d'Houdé (2018), il apparaît donc important de développer un dispositif pédagogique exploitant cette fonction exécutive. Nous relevons également que deux capacités liées à la métacognition « S'autoévaluer » et « Se fixer des objectifs personnels » figurent parmi les capacités les plus plébiscitées. Cette observation corrobore l'idée selon laquelle le développement de la pensée critique implique la mise en œuvre d'actions métacognitives (Broyon, 2006). Là où nos hypothèses portaient sur des différences d'approches plus marquées pour développer une pensée critique en fonction de la discipline enseignée, en observant les capacités pratiquées en fonction des matières enseignées, nous observons que les différences sont minimes. Bien que fondé sur les déclarations d'enseignants, ce constat plaide en faveur d'une conception d'une démarche transversale applicable à plusieurs disciplines. La métacognition et le contrôle inhibiteur apparaissent comme des compétences transférables, quelle que soit la discipline, bien que le contexte de mise en œuvre doive être propre à chaque discipline. Cependant, une analyse spécifique des pratiques déclarées des enseignants de sciences révèle une prévalence de la capacité métacognitive liée à la prise en compte des connaissances antérieures. Ce constat révèle une certaine cohérence de culture disciplinaire et est particulièrement encourageant, car il peut être un élément clé d'une mise en œuvre d'une pratique didactique (Orange, 2000) centrée sur cette capacité qui fait déjà écho chez certains enseignants et qui peut alors être renforcée et encouragée.

6.1.2. L'étude 2, l'évaluation de la faisabilité du dispositif

L'étude 2 est une recherche exploratoire quantitative et qualitative visant à éprouver la faisabilité du dispositif en contexte scolaire et à mesurer son effet sur le développement de la pensée critique. Elle soutient l'objectif d'expérimenter partiellement le dispositif didactique créé à partir du modèle et d'en évaluer la faisabilité. L'expérimentation est partielle, car l'étude 2 se focalise sur le déroulement des pauses métacognitives et sur la place qu'elles doivent occuper durant la démarche d'investigation. La question de recherche de cette étude est :

Dans le contexte spécifique de l'ESFI avec des élèves de 14-15 ans, quels sont les effets de la mise en œuvre de pauses métacognitives sur le développement de compétences relatives à la pensée critique ?

Nous pensons que le moment dans la DI durant lequel les actions métacognitives sont mises en œuvre a de l'influence sur le développement de la pensée critique et la résolution de problèmes en physique. Cette hypothèse est soutenue par les propos de Viennot et Decamp (2019) qui proposent que, dans le contexte de résolution de problèmes en physique, la métacognition favorise une pensée critique pour dépasser une représentation initiale et proposer des questions critiques suite à la lecture d'une problématique. Par ailleurs, notre étude 2 ne prenant place que dans un contexte d'enseignement d'une séquence de physique

des fluides, nous proposons ce lien vers la résolution de problèmes spécifiques à cet enseignement. Nous pensons que ces actions métacognitives ont plus d'influence lorsqu'elles sont activées au moment de l'émission d'hypothèses et au moment de la phase d'interprétation. À l'inverse, nous pensons qu'elles ont moins d'effet lorsqu'elles sont activées au moment de la phase d'observation. Nous pensons également que les élèves entrainés à activer ces actions métacognitives lors d'une DI sont capables de les activer à nouveau lorsqu'ils doivent mener une nouvelle DI (transfert dans un contexte proche).

Nous proposons les hypothèses suivantes :

- le groupe B (deux pauses métacognitives préalables à l'émission d'hypothèses et à l'interprétation) aura un score moyen plus élevé que le groupe contrôle dans les sous-catégories du CCTT « Hypothèses », « Induction » et « Déduction » ;
- le groupe C (une pause métacognitive à la phase de recherche) aura un score moyen plus élevé que le groupe contrôle dans les sous-catégories du CCTT « Observation » et « Crédibilité » ;
- le groupe B (deux pauses métacognitives préalables à l'émission d'hypothèses et à l'interprétation) présentera une meilleure réalisation de la DI évaluée que les groupes A (groupe contrôle, absence de pause métacognitive) et C (une pause métacognitive à la phase de recherche).

Nous rejetons les deux premières hypothèses, car les résultats obtenus ne sont pas significatifs pour l'ensemble des groupes de recherche. Nous émettons l'hypothèse que cette absence de significativité peut être due à la taille réduite des différents groupes ou encore, à la courte durée du dispositif mis en place. Néanmoins, dès lors que l'on s'attarde sur des sous-compétences évaluées dans le CCTT et des groupes d'élèves spécifiques – ceux ayant le moins bien performé ou ayant le mieux performé lors du post-test – nous observons que le nombre de pauses métacognitives vécues est corrélé avec ces variables. Ainsi, ces pauses sont fortement corrélées positivement au score de la sous-compétence de déduction pour les élèves qui performent le mieux. À l'inverse, le nombre de pauses est fortement corrélé négativement à la sous-compétence de déduction pour les élèves qui performent moins bien. La démarche mise en œuvre a donc renforcé les différences entre ces élèves et n'a pas permis de faire évoluer les compétences critiques de tous les élèves. Les traces écrites rédigées durant les temps de pause métacognitive des élèves performant le mieux reflètent que ces élèves écrivent davantage que d'autres pour répondre aux questions posées. La quantité n'est pas gage de qualité, mais reflète une aisance à s'exprimer à l'écrit pour répondre à la question posée. Le fait que seule la compétence de déduction ait été influencée pourrait être lié aux multiples interventions orales de l'enseignante stagiaire et au dispositif qui auraient favorisé le développement du raisonnement déductif « Que sais-tu de… et donc qu'en déduis-tu ? ». Concernant la corrélation négative entre la démarche vécue et le résultat de la compétence de déduction pour les élèves performant le moins bien, nous émettons l'hypothèse que ces élèves qui ont, pour la plupart, des difficultés d'apprentissage plus importantes, n'ont peut-être pas pu déconstruire leurs préconceptions et/ou ne possèdent pas les connaissances minimales requises qui leur permettent de développer cette compétence. Expérimenter cette démarche

leur demande davantage d'attention et ne leur permet sans doute plus d'être pleinement focalisés sur une seule tâche. Les limites de leur attention sont atteintes (van Merriënboer et Sweller, 2005; Houdé et Borst, 2022).

Concernant la troisième hypothèse formulée, nous relevons que le résultat obtenu à la DI « La maison volante » est associé positivement au nombre de pauses métacognitives vécues. Ce résultat est en accord avec nos attentes. Au regard du temps présent en classe et de l'articulation du cours construit en accord avec le programme dans ce contexte spécifique, nous continuons à soutenir l'idée que la mise en œuvre de deux pauses métacognitives durant la DI est une démarche porteuse. Nous avons également observé que des élèves exprimaient à voix haute certains prompts métacognitifs, dans le groupe ayant travaillé deux pauses métacognitives lors de chaque DI. Il est positif de voir que les élèves ont transféré ce questionnement explicite dans une nouvelle DI sans intervention de l'enseignant. Néanmoins, nous précisons que le dispositif construit ne permet pas de préciser si c'est le nombre de pauses ou le moment de mise en œuvre de ces pauses qui a influencé les observations menées. La qualité des pauses (tel que l'engagement des élèves à les réaliser ou encore le temps à disposition pour les mener) pourrait également influencer ces observations.

Enfin, au-delà de la vérification de nos hypothèses, nous relevons les éléments suivants : Au cours de nos observations, nous constatons également chez les élèves un effet de lassitude à rentrer dans une pause métacognitive et à rédiger une production reflétant leurs représentations pour formuler une hypothèse, réaliser la phase de recherche ou interpréter les résultats. Cet « effet de lassitude » a notamment été observé par Berger et al. (2012) lors de leur étude sur « les effets d'un entrainement métacognitif sur les stratégies et les performances en compréhension de texte chez des adolescents présentant de sévères difficultés d'apprentissage ». Ils ont remarqué qu'en fin d'expérimentation, certains groupes étaient moins motivés et moins curieux qu'en début d'expérimentation. Morisette et Voynaud (2002) relèvent que les élèves utilisent rarement la métacognition spontanément. C'est pour favoriser davantage sa mise en œuvre systématique que notre dispositif a été imaginé, afin que la démarche soit initiée de façon identique et répétitive. Comme cette démarche a pu être transférée chez certains élèves particulièrement impliqués en classe durant un laps de temps relativement court (cinq semaines), nous pensons que continuer à la mener est essentiel, mais que des questions et des approches variées doivent être envisagées lors de la suite de notre recherche – durant un laps de temps plus long – et ce, afin de tenter de toucher plus durablement plus d'élèves. Comme le relèvent Rémond et Quet (1999), en inscrivant un tel dispositif dans la durée, nous encourageons le développement de capacités métacognitives et nous créons des situations de classes inédites où nous cherchons à générer des conflits sociocognitifs fondés sur des idées réfléchies et abouties, grâce à des pauses métacognitives initiées par l'enseignante stagiaire.

6.1.3. L'étude 3, la mise en œuvre longitudinale du dispositif

Fort des résultats de l'étude 2, nous soulignons que la durée de cinq semaines peut être une limite à cette recherche exploratoire, car cette durée laisse peu de temps pour s'approprier

la démarche didactique. L'étude 3 est alors envisagée pour faire varier le paramètre spécifique du temps en passant d'une durée de cinq semaines à trente semaines (une année scolaire). A fortiori, le dispositif n'est plus uniquement mis en œuvre en physique des fluides (comme lors de l'étude 2) mais prend également place dans un thème d'électricité en physique et un thème sur l'alimentation en biologie. L'étude 3 est une étude mixte basée sur le design du modèle séquentiel explicatif.

6.1.3.1. L'approche quantitative

La partie quantitative de l'étude 3 vise à répondre à la question centrale : Comment la pensée critique des élèves est-elle influencée par l'intégration de pauses métacognitives dans la démarche d'investigation et/ou l'entrainement du contrôle inhibiteur ?

Plusieurs hypothèses ont été formulées et des réponses peuvent y être apportées.

Notre première hypothèse est que le score de pensée critique du CCTT du groupe d'élèves vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur (groupe 4) évolue le plus par rapport aux autres groupes. Au regard des valeurs significatives relevées, nous rejetons cette hypothèse. Le dispositif centré sur l'entrainement conjoint d'un macro- et d'un microprocessus ne semble pas le plus bénéfique. Le dispositif du groupe 4 (M+CI) est relevé comme trop conséquent et ne semble profitable dans une moindre mesure que dans un cours de sciences générales. À l'inverse, les dispositifs centrés sur l'un ou l'autre des processus semblent plus efficaces. Le dispositif centré sur l'entrainement du contrôle inhibiteur (groupe 2 (CI)) semble le plus bénéfique. Des effets positifs et significatifs apparaissent dans plusieurs sous-groupes, notamment chez les garçons, les élèves en option sciences de base, et ceux initialement performants au CCTT. Ces résultats indiquent que l'entrainement au contrôle inhibiteur a pu favoriser certaines composantes spécifiques de la pensée critique selon les profils d'élèves. Le groupe 3 (M) ne montre pas d'amélioration significative moyenne au score global du CCTT entre le prétest et le post-test. Toutefois, ses scores au post-test sont significativement supérieurs à ceux du groupe contrôle. Des effets positifs significatifs sont observés dans plusieurs sous-groupes, notamment chez les élèves initialement les moins performants (toutes dimensions), ceux ayant de bons résultats au CE1D (score global), et ceux suivant l'option sciences générales (déduction). En revanche, des régressions significatives sont observées chez les élèves initialement les plus performants au CCTT sur plusieurs dimensions, notamment induction, observation et crédibilité. Nous retenons qu'en absence de dispositif, dans le groupe 1 (C) bien que la régression soit discutable, la non-progression, constat plus acceptable, est claire.

Notre seconde hypothèse propose que le score de pensée critique des élèves du groupe contrôle progresse le moins par rapport aux autres groupes de recherche. Dans le groupe contrôle, nous n'observons pas de progression de la pensée critique ; à l'inverse, nous observons une diminution significative du score de pensée critique. Ainsi, notre hypothèse n'est pas vérifiée. Le dispositif du cours de sciences « classique » suivi par le groupe contrôle n'entraine pas, en moyenne, une amélioration de la pensée critique. Au contraire, il est associé à une baisse significative des performances, en particulier chez les élèves de niveau moyen à élevé. Par conséquent, le groupe contrôle ne peut pas être considéré, sur la base de

ces résultats, comme favorable au développement de la pensée critique. Ce résultat est interpellant, car il est difficilement concevable que l'enseignement « classique » des sciences comme il a été proposé durant le dispositif fasse décroitre la pensée critique des élèves. Nous pourrions penser que ce constat est dû au contexte au moment des passations du CCTT (par exemple, après un cours d'éducation physique ou au même moment que des évaluations importantes dans d'autres disciplines) (Arnsten, 2009), mais nous ne pouvons pas associer les résultats plus faibles du CCTT à un tel moment de passation défavorable uniquement pour le groupe 1. En effet, tous les groupes ont réalisé les pré- et post-tests dans une même temporalité et avec les mêmes contraintes. Le groupe 1 est constitué d'élèves de plusieurs classes et de plusieurs enseignants leur donnant cours de sciences. L'effet de l'enseignant seul ne peut expliquer une telle diminution (Hattie, 2009).

La troisième hypothèse formulée est que le score de pensée critique et en particulier de la sous-compétence « Déduction » des élèves les moins performants initialement au CCTT progresse dans les groupes 2 (CI), 3 (M) et 4 (M+CI). Nous supposons que le dispositif étant plus long, les élèves les plus faibles initialement ont davantage de temps pour prendre des habitudes et s'accoutumer au dispositif. Il n'est dès lors plus une étape supplémentaire complexe à gérer, mais est devenu un élément normal de l'ensemble de la didactique des sciences et n'est dès lors plus source d'une charge cognitive supplémentaire. Les analyses indiquent que, dans les quatre groupes de recherche, les élèves ayant les plus faibles résultats initiaux au CCTT montrent une amélioration significative de leur score global au post-test. Les dimensions « Induction » et « Déduction » progressent significativement dans les groupes 1 (C), 2 (CI) et 3 (M). Dans le groupe 3 (M), progressent également les dimensions d'observation et de crédibilité. Ainsi, les effets les plus larges se rencontrent dans le groupe 3. Cet effet particulièrement favorable des pauses métacognitives est en adéquation avec les résultats de l'étude de Piot (2002). Il constate également qu'un espace langagier métacognitif est particulièrement bénéfique pour les élèves en difficulté. Le groupe 4 (M+CI) ne permet pas significativement la progression des différentes dimensions. Au regard de ces résultats, notre hypothèse est partiellement vérifiée.

Notre quatrième hypothèse porte sur le score au CE1D de sciences et l'option scientifique choisie. Elle suggère que ces éléments soient en lien avec le score de pensée critique initial. Les élèves présentant un score plus élevé au CE1D de sciences s'engagent davantage dans l'option scientifique « Sciences générales ». Ces élèves sont davantage impliqués dans leur scolarité, mobilisent davantage leurs connaissances antérieures, et obtiennent dès lors un meilleur score de pensée critique initial. Cette hypothèse est soutenue par le propos de Farina et Pasquinelli (2019) précisant que le développement de la pensée critique se fonde sur des connaissances préalables dans le domaine considéré. Nos résultats montrent que dans le groupe contrôle (groupe 1), les élèves ayant obtenu une performance moyenne au CE1D présentent une diminution significative de leur score global au CCTT entre le prétest et le post-test. Pour ces élèves, le dispositif classique du cours de sciences fondé sur la démarche d'investigation ne permet pas de maintenir ou d'améliorer leur niveau de pensée critique, comme cela est observé en moyenne pour l'ensemble des élèves du groupe 1 (C). À l'inverse, dans le groupe 2 (CI), les élèves ayant également une performance moyenne au CE1D

montrent une amélioration significative de leur score au CCTT. Cette progression suggère que ce type d'entrainement est associé à une évolution favorable de la pensée critique chez les élèves de niveau moyen au CE1D. Dans le groupe 3 (M), ce sont les élèves ayant obtenu les meilleurs résultats au CE1D qui présentent une évolution significative de leur score global au CCTT. Ces élèves semblent tirer profit de l'intégration de pauses métacognitives au sein du cours de sciences. Aucune donnée significative ne ressort du groupe 4 (M+CI). Ces résultats ne permettent pas de mettre en lien véritablement les connaissances antérieures en sciences avec l'évolution de la pensée critique des élèves. Cela peut notamment s'expliquer par la structure même du CCTT ne portant pas sur des concepts scientifiques. La passation du CCTT ne reposant pas sur des connaissances scientifiques, il ne permet d'évaluer ni la pensée critique en contexte scientifique ni la pensée critique basée sur les connaissances y étant liées. Néanmoins, comme cela a été mis en évidence dans les corrélations a priori, le résultat au CE1D de sciences est faiblement à moyennement lié, et de manière positive, au résultat global au CCTT en prétest et inversement. Nous émettons l'hypothèse que la compétence de pensée critique favorise la réalisation de cette évaluation externe au travers de l'ensemble des savoirs, savoir-faire et savoir-être sous-jacents mobilisés.

Enfin, notre cinquième hypothèse est que le score de pensée critique est influencé par le genre de l'élève : les garçons pourraient présenter une évolution plus marquée que les filles. Bien que les résultats antérieurs du CCTT (Ennis et al., 2005) et plusieurs méta-analyses (Abrami et al., 2008 ; Lai, 2011) ne relèvent pas de lien systématique entre genre et pensée critique, cette hypothèse est envisagée par analogie avec les écarts de performance observés en mathématiques et en sciences à l'adolescence entre les filles et les garçons (OCDE, 2020 ; Mercier-Brunel, 2023). Ainsi, bien que le genre ne semble pas influencer directement la pensée critique, nous retrouvons des influences du genre sur des dimensions de la pensée critique dans les différents groupes avec une faible corrélation positive en faveur des filles. Dans le groupe contrôle (groupe 1), les filles présentent une différence significative entre le prétest et le post-test pour les dimensions « Observation » et « Crédibilité ». Le test t pour échantillons appariés indique une amélioration significative pour ces deux dimensions, avec une taille d'effet importante. Par ailleurs, dans le groupe 2 (CI), des analyses de Wilcoxon révèlent chez les garçons une amélioration significative de la dimension « Déduction » ainsi que de la dimension « Hypothèse ». Dans le groupe 4 (M+CI), ce sont les garçons qui présentent une évolution significative entre le prétest et le post-test pour les mêmes dimensions (« Observation » et « Crédibilité »), avec une taille d'effet moyenne. Par ailleurs, les dimensions d'observation et de crédibilité sont faiblement corrélées négativement avec le genre des élèves préalablement au dispositif. Les filles obtiennent de meilleurs résultats que les garçons à ces deux sous-compétences. De la même façon, le résultat au test de Stroop en prétest est faiblement lié, et de manière négative, au genre des élèves. Les filles obtiennent de meilleurs résultats au test de Stroop que les garçons. Ainsi, notre hypothèse est partiellement vérifiée.

6.1.3.2. L'approche qualitative

L'approche qualitative de l'étude 3 intervient après la partie quantitative. Elle apporte un éclairage complémentaire aux valeurs chiffrées présentées mais est également une source à

part entière d'informations essentielles à la compréhension de la façon dont les élèves et enseignants se sont approprié le dispositif. Au-delà de la riche compréhension qu'apporte cette étude qualitative, elle soutient l'objectif de répondre à deux questions :

- Comment les élèves du groupe 4 (M+CI) se sont-ils approprié le dispositif didactique vécu ?
- Comment se fait-il que les élèves du groupe 4 (M+CI) ne soient pas ceux qui progressent le plus, alors que ce sont eux qui ont vécu le dispositif le plus complet ?

À la première question, notre hypothèse est que nous allons observer une différence d'implication dans le dispositif en fonction de l'implication générale de l'élève dans sa scolarité. Cette hypothèse ne se révèle pas exacte. Des élèves présentant des implications scolaires différentes peuvent avoir des perceptions similaires du dispositif didactique. Luc et Thomas, ou encore Marc et Claire, bien que différents dans leur implication scolaire, perçoivent de manière semblable la démarche. Au-delà de l'infirmation de notre hypothèse, les résultats offrent des éléments de compréhension supplémentaires quant à l'appropriation du dispositif par les élèves. Les pauses métacognitives ne génèrent pas pleinement la satisfaction des élèves. La complexité de la tâche, l'absence d'habitude à conscientiser ses démarches mentales et la faible valeur accordée à cette activité en sont les principales causes, affectant leur motivation (Eccles et Wigfield, 2002). Pour favoriser leur implication, Trisconi et Cuozzo (2022) mettent en avant l'importance de la créativité dans le dispositif, l'utilité perçue et l'engagement actif ; tandis que les critiques ciblent principalement des défauts d'organisation et l'absence d'implication dans la conception. Un écart est observé entre ce que certains élèves disent et ce qu'ils font. Claire, par exemple, déclare a posteriori se souvenir et apprécier les pauses métacognitives, mais ne semble pas les appliquer dans une situation-problème. Thomas, lui, considère cette démarche inutile pour être efficace, mais commet des erreurs qui auraient peut-être pu être évitées s'il l'avait mise en œuvre. La nécessité de vivre la démarche dans une situation dans laquelle son efficacité est perceptible est soulevée. Le rôle de l'enseignant dans l'accompagnement de ces pauses est rappelé (Morissette et Voynaud, 2002). Bien que la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » visait à faire émerger leurs représentations initiales, les élèves n'en ont pas toujours compris l'intérêt. Ils trouvent cette tâche plus facile lorsqu'ils ont déjà abordé le concept en contexte scolaire et dans un passé proche (au cours des deux dernières années). Cette réponse semble moins significative pour eux avant l'interprétation, souvent brève et centrée sur la critique d'une hypothèse. La seconde pause métacognitive, souvent réalisée dans le même cours que la première, semble moins investie, probablement à cause d'une surcharge cognitive (Dehaene, 2012) ou d'une lassitude (Berger et al., 2012). Dans une situation-problème de réinvestissement, les élèves peinent à mobiliser des concepts vus récemment, ce qui rend encore plus difficile l'utilisation de représentations issues d'apprentissages plus anciens. Bourgeois et Ntebutse (2021) montrent que le transfert d'apprentissage dépend du contexte et des pratiques culturelles des élèves considérées par les enseignants. Ceci éclaire la difficulté pour les élèves à établir des liens entre leurs représentations et les situations proposées en classe. Marie exprime une émotion négative liée à la difficulté de verbalisation pendant les pauses métacognitives. Cela rejoint la théorie d'Eccles et Wigfield (2002) sur le

coût de la tâche. Son énervement freine son engagement. Les pauses génèrent des émotions qui influencent la perception et la motivation. L'idée que ces pauses pourraient aussi devenir un moment d'apaisement est évoquée, par exemple en se concentrant sur sa respiration ou en écoutant un son calme. L'inhibition également entrainée dans ce dispositif participe à la régulation des émotions (Diamond, 2013a ; Delalande, 2020) mais, dans notre étude, elle n'est pas étudiée selon cette approche. L'étape de discussion collective après la pause métacognitive est jugée essentielle par les élèves emblématiques. Ils valorisent les échanges d'idées et de stratégies métacognitives. Cette étape socioconstructiviste permet l'évolution des représentations. Bächtold (2012), s'appuyant sur Bruner, souligne l'importance de la coopération entre élèves et le rôle de l'enseignant dans l'acculturation. Legendre (2008) insiste sur le rôle médiateur de l'enseignant dans les discussions. La pause métacognitive favorise la capacité à communiquer ses représentations pour les faire évoluer.

À la seconde question, nous supposons que le dispositif proposé est trop lourd à mettre en place et qu'à force de faire vivre un dispositif couteux au niveau intellectuel aux élèves, il y ait un désengagement de leur part avec une perte de sens. Un premier facteur explicatif réside dans la motivation à mener les pauses métacognitives. La théorie de la dynamique motivationnelle proposée par Eccles et Wigfield (2002) permet d'éclairer cette situation à travers trois dimensions : la perception de la valeur de la tâche, la perception de sa propre compétence pour la mener à bien, et la perception de sa contrôlabilité. Concernant la première dimension, les élèves expriment une perception relativement faible de la valeur de la tâche. À l'exception de Claire, qui manifeste une certaine compréhension de la démarche, la majorité des élèves ne semblent pas conscients de l'impact potentiel de la pause métacognitive sur leurs apprentissages. Pour ce qui est de la compétence perçue, elle varie selon les élèves. Marc et Marie expliquent que cette perception dépend de leurs connaissances antérieures : si le sujet a déjà été abordé et maitrisé, ils se sentent plus à l'aise, mais si les notions sont moins connues, ils jugent la tâche plus complexe, ce qui peut générer une émotion négative, comme le montre le cas de Marie. La perception de la contrôlabilité est également nuancée. D'un côté, la tâche repose sur l'expression personnelle de connaissances et d'hypothèses, ce qui peut donner une impression de contrôle. De l'autre, si les élèves estiment que leur réussite dépend de sujets sur lesquels ils n'ont pas prise, cette perception diminue. Enfin, le fait de pouvoir ajuster sa production constitue une dernière composante de cette contrôlabilité. Ces trois dimensions influent directement sur l'engagement des élèves dans la démarche. Ainsi, Thomas et Luc accordent une faible valeur à la pause métacognitive, tandis que Marie y associe à la fois une faible valeur et une faible compétence perçue. Viau et Louis (1997) soulignent que l'engagement cognitif est une condition essentielle à la mise en œuvre de la métacognition, or celui-ci est directement lié à la motivation. Un deuxième facteur concerne l'entrainement au contrôle inhibiteur. Peu de remarques ont été formulées à ce sujet par les enseignants, probablement parce que le dispositif a été mis en œuvre de manière fluide et régulière, sans difficulté apparente. Cet entrainement, mené en début de cours hebdomadaire pendant quelques minutes, s'est imposé comme une routine. Cependant, au fil du temps, il semble avoir perdu de son sens, tant pour les enseignants que pour les élèves. Malgré un temps d'information réalisé au début du dispositif, ces derniers montrent une faible compréhension du rôle du contrôle inhibiteur et de son intérêt pour leurs

apprentissages. Comme dans le cas des pauses métacognitives, la perte de valeur perçue peut conduire à un désengagement. L'ensemble du dispositif, trop conséquent dans le groupe 4, pourrait avoir dilué l'efficacité de cet entrainement, contrairement au groupe 2 qui ne vivait que l'entrainement inhibiteur. Un troisième facteur explicatif est que le dispositif complet a été mis en œuvre dans le cours de sciences de base (3h par semaine) et le cours de sciences générales (5h par semaine) sans véritable distinction. Bien que le dispositif ait été pensé pour limiter son impact sur le temps de cours, cela ne semble pas avoir été pleinement atteint. Dans les classes de sciences générales, les enseignants n'ont pas rencontré de problème majeur. En revanche, dans les cours de sciences de base, Monsieur A a été amené à faire des choix entre la progression du cours, les pauses métacognitives et l'entrainement au contrôle inhibiteur. Cela a nécessité des arbitrages qui ont influencé le déroulement du dispositif et donc ses effets potentiels. Au regard de ces éléments de réponse, notre hypothèse est rejetée. En effet, ce n'est pas tant la complexité à vivre le dispositif et la charge cognitive nécessaire que le manque de sens et de motivation à s'impliquer dans le dispositif et à le réaliser avec conscience qui favorise un désengagement des élèves.

L'ensemble des réponses apportées à ces sous-questions de recherche peuvent à présent être croisées entre elles afin de formuler des réponses à la question de recherche principale.

6.2. Éclairage croisé des études

En croisant les données des différentes études, nous proposons de répondre à notre question de recherche principale :

Comment la mise en œuvre de pauses métacognitives et d'un entrainement du contrôle inhibiteur influence-t-elle l'évolution de la pensée critique développée dans le cadre de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation ?

Trois hypothèses principales sont formulées comme des réponses à cette question. Grâce à l'ensemble des données collectées et analyses réalisées dans les trois études, il est à présent possible de vérifier ces hypothèses.

H1. Pour favoriser le développement de la pensée critique au travers du dispositif didactique proposé, il convient que l'enseignant soit lui-même formé, conscient et prêt à accompagner les élèves dans cette démarche explicite (Masciotra, 2005 ; Abrami et al., 2008 ; Hattie, 2009).

H2. En mettant en œuvre un dispositif didactique favorisant une démarche métacognitive et un entrainement du contrôle inhibiteur, la pensée critique des élèves se développe de façon plus importante que si les élèves ne vivent pas de dispositif spécifique (Kuhn, 1999 ; Houdé, 2019b).

H3. En pratiquant un enseignement des sciences fondé sur l'investigation, le développement de la pensée critique est favorisé (Paul et al., 1989 ; Paul et Elder, 2008 ; Cariou, 2010 ; Calmettes, 2012 ; Ennis, 2015 ; Hypothèse asbl, 2023).

Les points suivants sont une discussion des éclairages que nous pouvons apporter à ces hypothèses. Ensuite, nous y proposons de porter un regard critique sur le dispositif didactique dans son ensemble, à partir d'éléments non formulés dans nos hypothèses initiales.

6.2.1. Recommandations pour la pratique professionnelle des enseignants

La première hypothèse formulée porte sur le rôle essentiel de l'enseignant dans la structuration du dispositif didactique mis en œuvre.

Dans l'étude 1, les résultats mettent en évidence l'intérêt que portent les enseignants à la pensée critique et à son développement en classe mais également la nécessité de leur apporter des solutions concrètes pour en favoriser ce développement.. Toutefois, cette même étude révèle la nécessité de leur proposer des solutions concrètes pour favoriser ce développement. Elle souligne également l'importance de former les enseignants afin de les outiller au mieux pour accompagner les élèves dans cette perspective. Stapleton (2011) pointe une compréhension limitée de la pensée critique chez les enseignants. En contexte francophone, Robert et Garnier (2015) ainsi que Larivière (2023) mettent en évidence la diversité des conceptions enseignantes sur la pensée critique, et insistent sur l'importance de la collaboration entre pairs, comme le confirment aussi Lu et Wang (2021). Ces observations rejoignent les résultats de Talérien et al. (2019), qui soulignent l'importance des échanges de pratiques pour soutenir le développement professionnel des enseignants. Ce lien entre le développement de la pensée critique et les pratiques pédagogiques à mettre en œuvre est ainsi mis en lumière. La piste des communautés d'apprentissage professionnelles (Dellisse et al., 2020) apparaît alors comme un prolongement pertinent à explorer. En effet, nous émettons l'hypothèse que cela touches des représentations qui sont bien ancrée dans la socialisation primaire et secondaires des enseignants ; en les invitant à partager et à essayer de nouvelles stratégies, cela permettrait une transformation de leurs pratiques.

Par ailleurs, ces constats appellent une réflexion sur la formation initiale des enseignants, notamment sur la place accordée au développement de la pensée critique dans les dispositifs de formation. Bien que la métacognition soit reconnue comme un levier important pour les apprentissages (Allix et al., 2022) et comme un élément associé à la pensée critique (Broyon, 2006), elle demeure peu connue des enseignants et rarement mise en œuvre de manière consciente. Proche du contexte de notre étude, l'étude de Barbier et al. (2024) confirme cette tendance en rapportant une compréhension limitée de la métacognition et de son rôle dans les apprentissages chez les futurs enseignants du secondaire. De plus, même si les enseignants ont conscience des capacités à mettre en œuvre pour développer la pensée critique des élèves (De Checchi et al., 2023), ils manquent d'outils pour aborder et développer ces capacités de façon régulière. Bernard et al. (2021) soulignent que dans le cadre spécifique des questions socialement vives (QSV) pour que l'enseignant puisse conduire les élèves à faire preuve de pensée critique face à des sujets non stabilisés, il est nécessaire que l'enseignant lui-même soit formé à faire émerger cette démarche chez les élèves. L'ensemble de ces éléments constitue un levier pertinent pour promouvoir et encourager le développement de la pensée critique chez les enseignants. Nous relevons que des initiatives existent déjà et que des pistes

d'amélioration sont envisagées. Par exemple, dans leur dispositif innovant expérimenté avec des enseignants en début de formation initiale en contexte universitaire au Québec, Lépine et al. (2022) mettent en avant que faciliter l'accès aux arts vivants et enrichir la formation universitaire par des médiations culturelles permet de faire évoluer le rapport à la culture et de soutenir le développement de la pensée critique chez les futurs enseignants. Ces apports favorisent également un climat d'échange propice à la construction d'une communauté éducative pluraliste, respectueuse des individualités, et apte à stimuler les apprentissages dans une « zone proximale de développement » citant Vygotsky (1978).

Les résultats des études 2 et 3 confirment le rôle central de l'enseignant dans la mise en œuvre de notre dispositif expérimenté. Il est en effet identifié comme essentiel pour mener les démarches d'investigation en classe mais aussi tant pour initier la pause métacognitive que pour animer les échanges avec et entre les élèves à l'issue de celle-ci. Il convient aussi de souligner l'importance de son intervention dans le développement de la production langagière des élèves. Par les questions qu'il pose, l'enseignant doit « permettre à l'élève de s'interroger et de formuler lui-même des réponses, dans une perspective socioconstructiviste » (Berton, 2018, p. 163). L'animation des temps de verbalisation consécutifs à la pause métacognitive, notamment lors des phases d'émission d'hypothèses et d'interprétation, s'en trouve enrichie. Le rôle de facilitateur de communication que joue l'enseignant permet aux élèves de confronter leurs points de vue. Cette posture rejoint les propos de Masciotra qui souligne qu' « en termes de métacognition, la médiation sociale permet au débutant d'élever son propre niveau d'action ainsi que le niveau de la réflexion qu'il porte sur son action » (Masciotra, 2005, p. 31). La dynamique instaurée par l'enseignant au cours de ces échanges pourrait également contribuer à limiter un éventuel sentiment de lassitude ressenti par les élèves.

L'étude de Bourgeois et Ntebutse (2021), consacrée aux transferts d'apprentissages du contexte extrascolaire vers le contexte scolaire en français, met en évidence que ces transferts ne sont pas automatiques. Ils dépendent de la cohérence entre les contextes d'apprentissage et de la prise en compte, par les enseignants, des pratiques culturelles des élèves. À la lumière de ces résultats, la difficulté, pour les élèves de notre étude, à verbaliser et à établir des liens entre leurs représentations – parfois issues d'apprentissages informels – et une situation-problème en classe, apparaît comme un phénomène compréhensible.

Dans son analyse du socioconstructivisme dans l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, Bächtold (2012), s'appuyant sur Bruner, rappelle que l'apprentissage est un processus coopératif fondé sur l'entraide entre pairs. Il souligne également l'importance de l'acculturation des élèves assurée par l'enseignant au cours des interactions. De même, Legendre (2008) décrit l'enseignant comme un médiateur dont le rôle est de favoriser les discussions et les débats en classe, dans un climat de respect. Legendre rejoint ce que Masciotra (2005) propose dans le contexte de la métacognition. La pause métacognitive, en permettant aux élèves de prendre conscience de leurs représentations individuelles, constitue un levier pertinent pour enrichir ces temps d'échange : les représentations peuvent alors être communiquées, confrontées et questionnées dans une dynamique d'évolution.

Les résultats de l'étude 2 nous amènent à insister sur la nécessité, pour l'enseignant, de réfléchir aux questions qu'il pose. Selon Puma et Tricot (2021), les supports d'apprentissage doivent être en adéquation avec les ressources disponibles de la mémoire de travail des élèves. Il convient de proposer un support d'apprentissage qui n'est pas surchargé d'informations inutiles mais il convient également de réfléchir aux questions posées pour soutenir la progression de la compréhension des élèves. Nos supports didactiques doivent donc être pensés pour correspondre au public cible et soutenir les apprentissages en sciences. Parallèlement à l'attention portée à la qualité de la pause métacognitive vécue, la perspective cognitiviste défendue par Dehaene (2012) souligne qu'un apprentissage durable nécessite une phase de consolidation, au cours de laquelle l'élève passe progressivement d'une démarche explicite à une démarche plus implicite et automatisée. Cette automatisation exige une répétition suffisante. Ces répétitions du dispositif sont perçues par les élèves comme laborieuse et génératrice de fatigue lorsque leur sens n'est pas clairement compris. Dans cette optique, l'approche socioconstructiviste apparaît complémentaire : l'engagement actif des élèves, la co-construction des significations avec les pairs et la compréhension du pourquoi de la démarche constituent des leviers essentiels pour soutenir l'effort nécessaire à cette répétition. Ainsi, loin d'opposer les perspectives cognitiviste et socioconstructiviste, nous soutenons qu'elles doivent être articulées de manière conjointe : l'entraînement et la consolidation sont indispensables à l'ancrage durable des processus mobilisés, mais ils ne peuvent être efficaces que si les élèves perçoivent la valeur et la finalité de la démarche au sein de contextes authentiques d'apprentissage. Cette complémentarité apparaît fondamentale pour permettre une mise en œuvre progressive et systématique des pauses métacognitives dans la diversité des situations scolaires rencontrées.

Enfin, la posture de l'enseignant mérite également d'être interrogée. Selon Barbier (2024, p. 75), l'enseignant « devrait créer un environnement suscitant la curiosité et la réflexion critique, soit un environnement d'apprentissage visant à provoquer la discussion, où les apprenants sont encouragés à poser des questions et à partager leur point de vue en le justifiant ». L'observation et l'accompagnement d'enseignants investis dans la mise en place de tels environnements apparaissent comme des pistes à explorer. Une telle mise en œuvre demande du temps et une réflexion approfondie. La mutualisation des ressources et des pratiques en vue de construire ces environnements constitue une voie pertinente pour soutenir le développement de la pensée critique des élèves et assurer la continuité du dispositif didactique.

6.2.2. Influence d'un macroprocessus et d'un microprocessus sur la pensée critique évaluée par le CCTT

La seconde hypothèse émise est que la pensée critique peut être développée en favorisant une démarche métacognitive (Kuhn, 1999) et un entrainement du contrôle inhibiteur (Houdé, 2019b).

L'étude longitudinale visait à examiner l'influence de dispositifs didactiques ciblant des macroprocessus (pauses métacognitives) et microprocessus (entrainement au contrôle

inhibiteur) sur le développement de la pensée critique chez des élèves de 3e secondaire. Nous nous focalisons sur deux niveaux d'analyse : le score global de pensée critique au travers du CCTT et les scores des dimensions de la pensée critique à travers des dimensions évaluées dans le CCTT.

Les résultats montrent tout d'abord que, sans intervention spécifique, les élèves du groupe contrôle (groupe 1) voient en moyenne leurs scores de pensée critique diminuer entre le prétest et le post-test. Une diminution significative est observée remettant en question l'idée selon laquelle le cours seul dans sa conception au moment de l'expérimentation suffirait à faire progresser la pensée critique. Par ailleurs, les comparaisons intergroupes indiquent que le groupe 1 obtient des scores significativement inférieurs en post-test par rapport au groupe 2 (CI) et au groupe 3 (M), mais aucune différence significative n'est relevée avec le groupe 4 (M+CI).

Le dispositif centré sur l'entrainement au contrôle inhibiteur (groupe 2) montre des effets positifs ciblés. Une amélioration significative du score global au CCTT est observée chez les élèves ayant les scores initiaux les plus faibles, ainsi que chez ceux ayant une performance moyenne au CE1D. Bien qu'aucune progression significative globale ne soit constatée entre le prétest et le post-test sur les différentes dimensions, des effets différenciés apparaissent. En post-test, les scores de la dimension « Induction » sont significativement plus élevés dans le groupe 2 que dans le groupe contrôle. La dimension « Déduction » ne présente pas de progression significative globale, mais des effets apparaissent dans des sous-groupes : amélioration chez les garçons et chez les élèves en option sciences de base. Les dimensions « Observation » et « Crédibilité » montrent également des scores significativement plus élevés en post-test par rapport au groupe contrôle. Enfin, des effets significatifs sont notés pour la dimension « Hypothèse » chez les garçons et chez les élèves initialement les plus performants au CCTT.

Le dispositif basé sur les pauses métacognitives (groupe 3) montre des effets positifs en post-test, avec des scores significativement supérieurs à ceux du groupe contrôle. Aucune différence significative n'est relevée avec les groupes 2 (CI) et 4 (M+CI). Chez les élèves initialement les moins performants au CCTT, des améliorations significatives sont observées sur le score global, ainsi que sur les dimensions « Induction », « Déduction », « Observation » et « Crédibilité ». À l'inverse, les élèves initialement les plus performants au CCTT présentent une baisse significative sur le score global, ainsi qu'une régression sur les dimensions « Induction », « Observation » et « Crédibilité ». Chez les élèves du groupe 3 (M) ayant obtenu les meilleurs résultats au CE1D, une amélioration significative du score global est relevée.

Le groupe 4 (M+CI), combinant pauses métacognitives et entrainement au contrôle inhibiteur, ne présente pas d'évolution significative du score global entre le prétest et le post-test. Aucune différence significative n'est observée en post-test, ni avec le groupe contrôle, ni avec les groupes 2 (CI) et 3 (M). Ce dispositif ne semble donc pas plus efficace que les dispositifs partiels. Toutefois, des effets positifs apparaissent dans certains sous-groupes : les élèves initialement les moins performants au CCTT montrent une amélioration significative,

bien que celle-ci soit moins marquée que celle observée dans le groupe 3 (M). En post-test, le groupe 4 (M+CI) obtient des scores significativement plus élevés que le groupe contrôle pour la dimension « Induction ». Une progression significative est également relevée dans cette dimension chez les élèves inscrits en option sciences générales.

Ainsi, notre hypothèse n'est pas vérifiée. Le dispositif combiné du groupe 4 (M+CI), centré sur l'entrainement conjoint d'un macro- et d'un microprocessus, n'apparaît pas comme le plus bénéfique. Ce dispositif semble trop conséquent à mettre en œuvre et n'apporte des effets que limités, notamment dans un contexte de cours de sciences générales. À l'inverse, les dispositifs ciblant un seul type de processus montrent davantage d'efficacité. Le dispositif du groupe 2, centré sur le contrôle inhibiteur, révèle des effets positifs significatifs dans plusieurs sous-groupes (garçons, élèves en sciences de base, élèves initialement performants). De même, le dispositif du groupe 3 montre des effets positifs chez les élèves initialement les moins performants, ceux ayant de bons résultats au CE1D, et ceux en option sciences générales. Cependant, des effets de régression apparaissent chez les élèves initialement les plus performants. En revanche, le groupe 1, sans dispositif, présente une régression significative. La non-progression y est manifeste. À l'inverse, les trois dispositifs expérimentaux favorisent, à des degrés divers, une progression de la pensée critique. Ces résultats soulignent que le développement de la pensée critique ne peut être laissé au hasard du parcours scolaire. Il requiert des dispositifs explicites, ciblés, et adaptés aux profils des élèves. Les données obtenues incitent à privilégier des approches centrées sur un processus à la fois, afin d'en optimiser l'efficacité, selon le contexte d'enseignement et les caractéristiques des apprenants.

Au-delà des résultats obtenus, l'utilisation du CCTT pour évaluer l'effet de tel processus peut être questionnée.

Le CCTT est construit sur l'idée que la pensée critique est la somme de plusieurs dimensions (induction, déduction, observation, crédibilité et hypothèse) (Ennis et al., 2005). Ces dimensions se retrouvent dans les capacités activées dans la démarche d'investigation en sciences. La première partie de la démarche d'investigation, en posant des hypothèses et en les confrontant à des résultats de recherche pour produire une interprétation de ces derniers, favorise la dimension d'induction. À l'inverse, la deuxième partie de la démarche d'investigation, dès lors que les concepts sont formalisés et qu'il s'agit de les transférer vers une situation nouvelle, favorise la dimension déductive. La dimension « Hypothèse » est développée au moment de l'émission d'hypothèse, mais également au moment de la critique de celle-ci, durant la phase d'interprétation. Les dimensions d'observation et de crédibilité indéniablement liées, car évaluées par les mêmes items dans le CCTT, sont entrainées durant la phase de recherche de la démarche d'investigation, que ce soit par l'analyse de documents et l'observation d'expériences réalisées. Ainsi, le CCTT au travers de ces cinq dimensions peut mesurer une évolution de dimensions entrainées, grâce aux capacités mobilisées dans une démarche d'investigation.

Pourtant, il convient de comprendre en quoi les macro- et microprocessus peuvent influencer l'évolution de ces dimensions et dès lors, en quoi le CCTT est un outil pertinent pour évaluer l'évolution de la pensée critique dans notre contexte.

La métacognition, et en particulier les pauses métacognitives mises en œuvre préalablement à la phase d'émission d'hypothèses et d'interprétation, favorise une activation plus réfléchie des capacités cognitives que l'on retrouve dans les dimensions de la pensée critique. Durant la phase d'émission d'hypothèses, l'élève est amené à formuler une hypothèse. La métacognition, grâce à la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » favorise la prise en compte de représentations antérieures ainsi que leur évaluation afin de produire une meilleure hypothèse. Durant la phase d'interprétation, l'élève est amené à mobiliser les observations et données qu'il vient d'obtenir durant la phase de recherche et doit les croiser avec les concepts en lien avec la matière travaillée pour produire une interprétation de ces données, pour enrichir le concept étudié. Cette démarche repose sur une démarche inductive. Une fois encore, la métacognition au sens dans lequel elle est abordée dans notre dispositif, favorise la mobilisation des données obtenues et leur évaluation pour proposer une meilleure interprétation. Au-delà de ces deux dimensions sur lesquelles portent spécifiquement les pauses métacognitives menées, la démarche de métacognition dans laquelle les élèves sont conduits favorise la prise de distance et l'évaluation des démarches cognitives menées pour favoriser également la déduction, l'observation et la crédibilité. Ku et Ho (2010b) expriment que la métacognition est un élément favorisant la pensée critique, mais ils nuancent cela en précisant que seules les stratégies de haut niveau (croisant connaissances et régulation métacognitives) permettent d'améliorer les solutions avancées (la régulation sans les connaissances sous-jacentes semble moins efficace). En ce sens, nous relevons certainement une faiblesse de notre dispositif, car bien que les élèves aient été formés initialement à la métacognition et à ces différentes facettes, ils en gardent une idée simplifiée durant l'année et ils ne verbalisent pas les connaissances métacognitives sous-jacentes aux régulations métacognitives qu'ils entrainent.

Le contrôle inhibiteur considéré comme un microprocessus dans notre approche est une entrée à chaque démarche qu'il convient de mobiliser. En effet, en entrainant l'inhibition et en favorisant dès lors des réponses algorithmiques (à l'inverse des réponses heuristiques), nous soutenons que les réponses construites sont plus réfléchies et se fondent davantage sur des éléments conceptuels corrects et cohérents entre eux. À l'inverse des pauses métacognitives développées à deux moments précis de la démarche d'investigation, le contrôle inhibiteur est entrainé de façon décontextualisée. Ainsi, bien qu'il soit entrainé de façon décontextualisée et que nous le valorisions consciemment pour débuter la pause métacognitive, son rôle de frein à une heuristique peut prendre place dans de nombreuses situations. Dans le CCTT, si les élèves l'activent, ils prennent davantage de temps pour comprendre la question posée et proposer une réponse plus réfléchie et à priori plus correcte. C'est pour cette raison que nous estimons que l'effet de l'entrainement du contrôle inhibiteur peut se refléter dans les scores du CCTT et que ce dernier est utilisé de façon adéquate dans le cadre de ce dispositif.

6.2.3. La démarche d'investigation comme une démarche pour favoriser la pensée critique

Enfin, notre troisième hypothèse est que la didactique des sciences par sa démarche d'investigation et les compétences associées (Paul et al., 1989 ; Paul et Elder, 2008 ; Cariou, 2010 ; Calmettes, 2012 ; Ennis, 2015 ; Hypothèse asbl, 2023) sont des éléments favorisant le développement de la pensée critique.

Dans la description de notre cadre théorique, nous mettons en lumière que la démarche d'investigation repose sur des capacités (savoirs, savoir-faire et savoir-être) que l'on retrouve également comme sous-jacentes à la pensée critique. Dès lors, en vivant des démarches d'investigation, ces capacités y sont développées et entrainées. Sans même savoir si ces capacités, développées dans un contexte spécifique, peuvent être transférées à une autre situation, la démarche d'investigation elle-même répond aux critères du processus de pensée critique. En se questionnant, émettant des hypothèses, expérimentant et recueillant des données, analysant ces données, les croisant pour en produire une interprétation et, enfin, en transférant ces connaissances pour résoudre une nouvelle situation-problème, nous réalisons un processus reposant sur des capacités de la pensée critique. Ainsi, bien que les auteurs (Paul et Elder (2008), par exemple) adoptent des présentations différentes du processus de pensée critique, il nous semble que la démarche d'investigation en sciences remplit les critères d'une démarche favorisant le développement de la pensée critique.

Néanmoins, dans notre approche empirique, nous n'observons pas a priori cela. En effet, dans le groupe contrôle, c'est-à-dire le groupe ne vivant que le cours de sciences fondé sur la démarche d'investigation, nous observons que le résultat au CCTT diminue de manière significative entre le prétest et le post-test. Il s'agit du seul groupe de recherche pour lequel une différence négative significative existe. Interprétant ces résultats, nous pourrions formuler que le seul enseignement des sciences fondé sur l'investigation ne permet pas de faire progresser la pensée critique des élèves, à l'inverse, elle a même régressé.

Au regard de ces éléments, notre hypothèse est confirmée par une réflexion théorique, mais elle est rejetée au regard des résultats empiriques.

Ces résultats empiriques sont particulièrement interpellants, car ils mettent en avant une régression de la pensée critique. Or, comme nous l'avons exprimé au regard de la typologie de Barbier (2024), le développement de la pensée critique se réalise par stade et se fonde sur le développement de capacités sous-jacentes. Il est dès lors difficilement concevable qu'une régression de la pensée critique puisse réellement avoir lieu durant une année scolaire. Néanmoins, cette régression n'est observée que dans le groupe contrôle et ce dernier est le seul groupe significativement différent des autres. Au-delà de l'hypothèse d'une erreur de prise de mesure ou d'une perte de données (ce qui parait peu probable), nous émettons l'hypothèse que ce résultat pourrait provenir d'une diminution de l'engagement des élèves et/ou de l'enseignant du groupe 1 (C). Les enseignants de ce groupe étaient initialement motivés à prendre place dans le groupe contrôle. Néanmoins, au fil du temps et des discussions entre collègues, peut-être ont-ils commencé à être moins motivés à s'impliquer dans ce groupe. Ils auraient alors moins motivé les élèves à s'impliquer pleinement dans le

post-test. Du côté des élèves, ces derniers en discutant avec des élèves d'autres classes se sont peut-être aperçus qu'ils ne vivaient pas de dispositif « en plus » et se sont alors moins engagés dans l'évaluation finale. N'ayant aucune donnée sur une perte de motivation ou d'engagement au fil de l'année pour ces élèves, ce ne sont là que des hypothèses.

6.2.4. Convergence et complémentarité entre les approches quantitatives et qualitatives

L'apprentissage constitue un phénomène complexe à appréhender. Se focaliser uniquement sur des données mesurables et quantifiables, sans considérer les nombreux facteurs contextuels – tels que l'environnement, l'organisation du temps et des espaces, ou encore les représentations des différents acteurs (élèves, enseignants, personnel non enseignant, parents) – reviendrait à en appauvrir la compréhension (Chkair et Wagnon, 2023). Le fait qu'une méthode d'enseignement ait prouvé son efficacité sur le plan quantitatif ne suffit pas à légitimer son application systématique, quelles que soient les circonstances. De même, une approche dont la pertinence a été mise en évidence par des données qualitatives ne devrait pas être écartée, mais plutôt valorisée en tenant compte de la richesse des résultats obtenus, même s'ils ne peuvent être généralisés (Vincent, 2023).

Les approches quantitative et qualitative de l'étude 3 permettent d'analyser un élément allant à l'encontre de nos hypothèses. Selon celles-ci, le groupe 4 (M+CI) en suivant la totalité du dispositif aurait obtenu la meilleure progression, car les processus macro et micro auraient été entrainés et auraient favorisé d'autant plus la pensée critique. Il n'en est rien. En observant des élèves emblématiques de ce groupe 4, nous cherchons à comprendre ce décalage.

Préalablement à l'éclairage que porte l'analyse qualitative sur les résultats inattendus du groupe 4 (M+CI), nous relevons un élément positif du dispositif que les élèves emblématiques soulèvent et qui n'apparait pas dans les résultats de l'analyse quantitative. Au terme de la pause métacognitive, le moment de dialogue, d'expression orale des élèves, est souligné comme vraiment favorable et important par les cinq élèves. À leur expression orale est jointe une interaction entre pairs et avec l'enseignant ; il s'agit là d'un facteur positif du dispositif. Cela étant dit, nous relevons dans les données obtenues des éléments qui pourraient expliquer les résultats moins favorables du dispositif complet.

Un premier facteur explicatif tient à la motivation des élèves à s'engager dans la démarche proposée. Selon le modèle de Viau et Louis (1997), la motivation repose sur trois perceptions : la valeur accordée à la tâche, la compétence perçue pour la réaliser et la contrôlabilité perçue. Les données recueillies montrent que, sauf exception, les élèves n'identifient pas clairement l'intérêt des pauses métacognitives, ce qui traduit une faible valeur perçue. La compétence perçue varie selon les connaissances antérieures : lorsque les élèves se sentent familiers avec le sujet, ils jugent la tâche plus facile ; dans le cas contraire, ils se sentent en difficulté, ce qui peut générer des émotions négatives. Enfin, la contrôlabilité de la tâche est perçue de façon ambivalente : certains la jugent élevée parce qu'elle repose sur leur propre savoir, tandis que d'autres la jugent faible, car dépendante du sujet traité ou

de leur capacité à exprimer leurs idées. Un engagement insuffisant dans la tâche peut donc découler d'une combinaison de ces trois perceptions faibles. Or, la métacognition exige un engagement cognitif important, que seule une motivation suffisante peut soutenir.

Une autre difficulté mentionnée concerne la forme écrite de la pause métacognitive. Comme le soulignent Chanquoy et al. (2018), l'écriture est plus exigeante que l'oral. Les élèves peuvent avoir des difficultés à exprimer leurs idées par écrit, préférant l'oral. Cependant, des élèves plus performants, défendent l'intérêt de l'écriture pour structurer et affiner leur pensée. Une tension s'installe donc entre accessibilité de l'oral et rigueur de l'écrit. En contexte non évaluatif, la pause métacognitive pourrait s'appuyer sur un écrit libre, non normé (Chairat Roux, 2011), favorisant l'émergence des représentations.

Le contrôle inhibiteur, bien qu'intégrant le dispositif, a suscité peu de retours de la part des enseignants et des élèves. Son implémentation hebdomadaire, bien que régulière, a été brève (quelques minutes) et peu discutée, contrairement aux pauses métacognitives. Cette absence de discussions pourrait signaler une perte progressive de sens. De plus, malgré une séance d'information initiale, les élèves semblent avoir une compréhension limitée de l'intérêt du contrôle inhibiteur pour leurs apprentissages. La valeur perçue de cet entrainement ayant diminué, le désengagement s'est installé, ce qui pourrait expliquer pourquoi le groupe 4 n'a pas bénéficié d'effets aussi nets que le groupe 2 pour lequel cet entrainement n'était pas qu'une petite partie d'un dispositif plus complexe, mais le dispositif à lui seul. L'engagement actif de l'élève dans la tâche constitue un levier essentiel tant pour l'apprentissage en général que pour le développement des fonctions exécutives en particulier. Laurent (2020) rappelle que l'implication soutenue dans une activité d'apprentissage favorise non seulement la compréhension, mais aussi l'appropriation de stratégies cognitives complexes. De la même façon, Diamond (2012 ; 2014) souligne que les fonctions exécutives (le contrôle inhibiteur, la mémoire de travail et la flexibilité cognitive) ne peuvent être efficacement entrainées que si l'élève est pleinement engagé dans des tâches qui sollicitent activement ces capacités. L'exposition passive à des situations d'apprentissage ou l'entrainement passif d'une fonction spécifique ne suffit donc pas. L'investissement attentionnel, émotionnel et comportemental dans la tâche soutiendrait la plasticité cognitive requise pour le développement des fonctions exécutives. Parallèlement à cette analyse cognitiviste, la conception socioconstructiviste de l'apprentissage peut être source d'enrichissement. Ainsi, le rôle du sentiment d'efficacité personnel dans cet engagement est également déterminant. Un élève qui se perçoit comme capable est davantage enclin à mobiliser des stratégies cognitives efficaces, à s'investir dans des tâches plus complexes et à consacrer davantage de temps à l'étude (Laurent, 2020). Ce sentiment d'efficacité influence directement le niveau d'effort fourni ainsi que la persévérance face à la difficulté. Il agit donc comme un catalyseur de l'engagement, en particulier dans les situations d'apprentissage exigeantes sur le plan cognitif, telles que celles mobilisant les fonctions exécutives.

Le dispositif visait à minimiser son impact sur l'horaire, mais la réalité du terrain l'a nuancé. Les cinq élèves emblématiques appartiennent à des classes suivant le cours de sciences générales (5 heures/semaine), où le dispositif semble mieux intégré. En revanche, dans le cadre du cours de sciences de base (3 heures/semaine), des compromis ont dû être

faits, notamment entre progression du programme, pauses métacognitives et entrainement au contrôle inhibiteur. Cela indique que la charge globale du dispositif doit être allégée, tant en nombre de démarches d'investigation qu'en fréquence des pauses métacognitives. Par ailleurs, l'enseignant doit sélectionner les situations où la pause est la plus pertinente, en tenant compte du niveau des élèves et de la complexité du sujet. La structure de la pause pourrait être revue (écriture avant/après l'hypothèse, utilisation de codes couleurs pour modifier les réponses, etc.) afin de limiter la charge et favoriser la continuité du raisonnement.

Il est souligné que la gestion du dispositif est plus complexe dans des classes nombreuses, peu investies ou moins scolaires (bien que cette implication scolaire n'ait pas été objectivée dans le cadre de ce travail et que le terme est dès lors à nuancer), contrairement aux classes de sciences générales. Cela appelle à réfléchir à des modalités différenciées de mise en œuvre (travail en binôme, discussions en sous-groupes, etc.), notamment pour mieux gérer les temps d'échange.

Enfin, une explication supplémentaire concerne la faible appropriation des concepts par les élèves. Le sens des dispositifs semble s'être estompé au fil de l'année. Une formation plus interactive et réflexive à la métacognition et au contrôle inhibiteur, accompagnée de rappels réguliers, susciterait certainement davantage d'engagement au fil de l'année mais pourrait également être source d'ennui. Si les pauses métacognitives occupent davantage de temps, l'entrainement à l'inhibition semble passer au second plan. Il conviendrait de réintroduire régulièrement son objectif afin d'en raviver le sens auprès des élèves.

6.2.5. Limites méthodologiques

Plusieurs limites doivent être prises en compte pour interpréter les résultats de cette recherche avec les précautions nécessaires.

L'étude 1 se fonde sur un questionnaire construit par plusieurs enseignants mais pour lequel le kappa de Cohen n'a pas été calculé. Cette étude porte sur des mesures autorapportées par les enseignants. Les mesures d'auto-évaluation sont basées sur leurs perceptions de leurs pratiques, des dispositifs mis en œuvre. Leur expression renvoie à des jugements subjectifs sur leurs pratiques réellement réalisées plutôt qu'aux pratiques elles-mêmes (Dang et al., 2020). De même, il y a une forme de désirabilité sociale à présenter davantage de pratiques favorables au développement de la pensée critique que ce qui est réellement réalisé (Van der Maren, 2004). Bien que l'échantillon de cette étude soit proche de la représentativité de la population des enseignants en Fédération Wallonie-Bruxelles, la surreprésentation du réseau libre subventionné peut être source de biais, les programmes des cours créés par le réseau pouvant influencer les représentations des enseignants. Enfin, cette étude a été réalisée durant la pandémie de Covid-19, en contexte complexe pour les enseignants, ayant pu affecter la dynamique de mise en œuvre et de participation.

L'étude 2 repose sur un échantillon restreint d'une trentaine d'élèves seulement, ce qui peut expliquer la faible significativité statistique de certains résultats globaux. Cela a nécessité une analyse plus fine par sous-groupes, malgré leur effectif encore plus limité. De

plus, la durée relativement courte du dispositif soulève la question de son efficacité sur le long terme. Par ailleurs, la collecte des données s'est uniquement appuyée sur des traces écrites, alors que l'expression écrite constitue une tâche plus exigeante que l'oral (Chanquoy et al., 2018). L'intégration de traces orales lors des pauses métacognitives pourrait permettre de recueillir davantage de données en dépassant les obstacles liés à l'écrit.

Durant l'étude 3, d'autres limites sont également identifiées. Des problèmes techniques et logistiques ont compromis la qualité et la complétude de certaines données. De plus, l'échantillonnage n'était pas aléatoire entre les différents groupes, ce qui limite la possibilité de généraliser les résultats.

La posture d'enseignant-chercheur adoptée dans cette recherche a pu également induire certains biais dans les interactions ou dans l'interprétation des effets observés (à noter que l'enseignant-chercheur était impliqué dans le groupe 4 (M+CI) ce qui ne semble pas avoir conduit à de meilleurs résultats pour autant). Par ailleurs, aucun feed-back n'a été prévu dans le cadre du dispositif, alors que celui-ci est reconnu comme un levier puissant pour favoriser les apprentissages (Hattie, 2009). Enfin, si la recherche s'appuie sur des fondements pédagogiques solides, elle n'a pas vérifié de manière explicite le niveau de compétence en pensée critique des enseignants impliqués, alors que plusieurs auteurs (Demirhan et Köklükaya, 2014 ; Suratmi et Sorandi, 2022 ;) insistent sur l'importance de cette variable pour enseigner efficacement cette compétence. En effet, leur propre pensée critique peut influencer ce qu'ils expriment aux élèves, leur aisance à verbaliser la démarche métacognitive à mener et, in fine, l'implication des élèves dans le dispositif. A l'inverse, nous pouvons considérer que ces six enseignants (trois femmes et trois hommes) représentent une certaine diversité, bien présente dans la population d'enseignants.

Ces constats ouvrent cependant des perspectives intéressantes pour des recherches ultérieures : une réplication à plus grande échelle dans des conditions méthodologiques renforcées ; des études spécifiques sur les effets du seul entrainement au contrôle inhibiteur ; ou encore des analyses différenciées selon l'implication scolaire, la performance scolaire (fondée sur la réussite d'une évaluation externe, par exemple), le genre ou le type d'enseignement.

Sur le plan qualitatif, la nature même de l'étude, une étude multi-cas, impose des limites à la portée de ses résultats. Les observations concernent uniquement cinq élèves emblématiques du groupe 4 (M+CI), sélectionnés selon des critères rigoureux, mais qui ne permettent pas de généraliser à l'ensemble des élèves. Le concept « d'implication scolaire » utilisé pour sélectionner les élèves n'a pas fait l'objet d'une définition stricte préalable. Toutefois, ces portraits apportent un éclairage utile pour comprendre l'appropriation du dispositif dans le groupe plus large.

Le contexte d'expérimentation constitue une autre limite importante. La recherche s'est déroulée dans un milieu scolaire favorisé, avec des élèves inscrits dans une filière menant à l'enseignement supérieur. Cela implique un climat de classe particulier, un engagement des élèves dans leur scolarité généralement important et une gestion de classe potentiellement plus aisée. De plus, l'enseignant-chercheur était présent durant toute la durée de l'étude et

vivait lui-même le dispositif avec ses élèves. Il a ainsi pu favoriser une implication continue de ses collègues et a fait preuve de motivation à porter ce dispositif. Bien que cette motivation soit bénéfique pour la réussite du dispositif, il peut s'agir d'un biais à la diffusion du dispositif dans un autre contexte. Ce contexte, que l'on pourrait qualifier d'« idéal », rend d'autant plus pertinent le constat selon lequel la mise en œuvre du dispositif reste complexe. Il semble donc nécessaire d'envisager une adaptation du dispositif à d'autres publics, notamment les élèves de l'enseignement qualifiant, dont le rapport à la pensée critique et à son utilité dans une perspective professionnalisante pourrait différer.

Au-delà du contexte d'expérimentation, le contexte didactique peut être questionné. Le dispositif didactique créé a pris place dans un cours créé par les six enseignants de l'étude 3. Bien qu'ils aient tous plus de neuf ans d'ancienneté au moment de l'étude et qu'ils cherchent à créer un cours favorisant l'apprentissage chez leurs élèves, la qualité des différentes démarches d'investigation, dans lesquelles prennent place les pauses métacognitives, n'a pas été contrôlée ni objectivée tant dans leur conception que dans leur mise en œuvre. Par ailleurs, les six enseignants travaillent en autonomie dans leurs classes et d'autres variables pédagogiques ont pu intervenir.

Enfin, la limite du temps disponible dans les cours de sciences de base est également à souligner. Dans cette option scientifique à 3h par semaine, l'enseignant a dû faire des choix afin de respecter à la fois les exigences du programme et la mise en œuvre du dispositif. Ces arbitrages ont potentiellement freiné l'appropriation du dispositif par les élèves et donc ses effets sur le développement de leur pensée critique. L'adaptation du nombre et du type de démarches d'investigation intégrant les pauses métacognitives apparaît ainsi comme un enjeu important pour les futures applications du dispositif. Une gradation de la complexité des pauses selon les contenus traités, ainsi qu'une réflexion sur leur format (oral/écrit, individuel/pair, écrit de travail/écrit normé) pourraient également améliorer leur efficacité.

6.2.6. Un dispositif entre socioconstructivisme et cognitivisme

Comme cela a déjà été exprimé, le dispositif décrit est ancré dans un cadre épistémique socioconstructiviste selon lequel les apprentissages émergent des interactions sociales et de la co-construction des savoirs. Nous nuançons ce propos, car les temps de réelles co-construction n'ont pas été vérifiés. Ce cadre, centré sur l'activité de l'élève en contexte, entre en tension apparente avec les apports des sciences cognitives et de la neuroéducation, qui s'attachent à comprendre et à optimiser les processus mentaux individuels tels que les fonctions exécutives (la mémoire de travail, la flexibilité cognitive et l'inhibition). Là où le socioconstructivisme accorde une place centrale à la co-construction des apprentissages avec les pairs, l'importance du conflit sociocognitif pour faire évoluer les représentations des élèves, ou encore l'engagement dans la tâche, le cognitivisme privilégie des démarches systématiques à mettre en œuvre, telles que la consolidation des connaissances, l'entrainement ou l'explicitation des stratégies cognitives.

Ainsi, traditionnellement, ces deux approches sont opposées sur plusieurs plans. Le socioconstructivisme valorise les démarches inductives, le travail collaboratif et l'analyse qualitative des interactions en classe. Il met l'accent sur la médiation, la régulation sociale, et les dimensions culturelles de l'apprentissage. Le cognitivisme, quant à lui, se fonde sur des expérimentations contrôlées, des mesures quantitatives, et des tests standardisés pour identifier les mécanismes cognitifs sous-jacents aux performances scolaires (Raynal et Rieunier, 2014). Il s'intéresse à la manière dont l'élève traite, organise et restitue l'information, souvent à travers des entrainements décontextualisés ou standardisés.

Tout comme Calmettes et Boilevin (2014), dans leur cadre épistémique socioconstructiviste, relèvent la tension entre une approche socioconstructiviste et les exigences des prescrits scolaires formels et appellent à une posture intermédiaire, Gaudreau (2019) analyse la persistance d'une dichotomie entre pédagogies (socio)constructivistes et pédagogies cognitivistes. En s'appuyant sur des travaux théoriques et empiriques (notamment Alfieri et al., 2011 ; Kirschner et al., 2006), elle montre que les pratiques socioconstructivistes de « pure découverte » non guidée sont inefficaces, tandis que celles de découverte guidée, intégrant étayage et rétroaction, s'avèrent plus efficaces que l'enseignement explicite exclusif. Elle souligne que ce dernier est utile pour les novices, mais perd en efficacité à mesure que l'expertise des élèves augmente (effet d'inversion d'expertise). Gaudreau appelle ainsi à dépasser l'opposition entre les deux courants en adoptant une posture intégrative et évolutive, ajustant la guidance selon le niveau des apprenants.

Le dispositif développé dans cette recherche s'inscrit précisément dans cette logique intégrative. Il propose une démarche didactique centrée sur la démarche d'investigation en sciences, dans laquelle les moments d'interactions collectives, de co-construction du savoir et d'explicitation des représentations sont enrichis par l'introduction ciblée de stratégies issues des sciences cognitives, telles que l'entrainement du contrôle inhibiteur ou l'utilisation de pauses métacognitives guidées.

Loin de constituer une contradiction, cette intégration apparait favorable. Le contrôle inhibiteur, par exemple, est ici envisagé non pas comme une automatisation isolée de réponses correctes, mais comme un outil au service du débat d'idées : inhiber une réponse spontanée permet de considérer d'autres hypothèses, d'écouter les arguments des pairs, et de différer son jugement. L'entrainement du contrôle inhibiteur s'est fait à deux niveaux : un entrainement vécu comme un acte isolé et régulier, sans lien avec l'apprentissage en sciences directement ; et un entrainement en contexte lors des pauses métacognitives plus contextualisé mais moins explicite. Ce lien entre inhibition et pensée critique, au-delà de réfréner des heuristiques erronées pour favoriser des réponses algorithmiques, trouve une résonance particulière dans les situations socio-constructives, où l'élève est amené à réguler ses interventions, à confronter ses idées à celles des autres, et à réviser ses positions. Ainsi, les apports du cognitivisme et du socioconstructivisme ne doivent pas être opposés, mais imbriqués dans les pratiques pédagogiques. L'objectif commun de ces approches est de favoriser les apprentissages durables chez les élèves. Dès lors, il justifie leur articulation dans des dispositifs didactiques pensés à la fois pour respecter la dynamique sociale des savoirs et

pour s'appuyer sur les connaissances actuelles sur le fonctionnement du cerveau. Une telle posture intégrative au cœur de la démarche d'investigation développée en didactique des sciences constitue une réponse à la complexité de l'acte d'apprendre et à l'évolution des sciences de l'éducation.

Expliquer à l'élève ce qu'est une démarche métacognitive, lui fournir des outils concrets pour la mettre en œuvre ; expliciter les stratégies d'inhibition renforce les conditions de son efficacité.

6.3. Apports du dispositif mis en œuvre

Nous proposons d'observer les apports du dispositif didactique selon trois approches : son apport d'un point de vue didactique pour favoriser une démarche intégrée fondée sur l'investigation, la métacognition et le contrôle inhibiteur, sa transposabilité pour les pratiques enseignantes et enfin ses bénéfices pour les élèves.

6.3.1. Une démarche intégrée : investigation, métacognition et contrôle inhibiteur

Le dispositif mis en œuvre dans cette recherche s'appuie sur une conception élargie de la démarche d'investigation en sciences, enrichie par les apports des sciences de l'éducation. Il articule trois dimensions complémentaires : l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation, les pauses métacognitives explicites et un entrainement ponctuel au contrôle inhibiteur. Cette combinaison inédite constitue un apport central de l'étude, en écho à l'appel d'Abrami et al. (2008) à intégrer de manière explicite les objectifs de pensée critique dans les tâches d'apprentissage. Loin de se réduire à une simple application mécanique de la démarche scientifique, le dispositif vise à outiller les élèves pour qu'ils puissent s'engager dans une démarche réflexive sur leur propre raisonnement, tout en développant une capacité à inhiber des réponses immédiates et intuitives (parfois erronées) pour faire davantage preuve de pensée critique.

Le soin apporté à la création de situations-problèmes permettant l'intégration réfléchie de cette démarche est important. Le recours à l'intelligence artificielle (IA), notamment via des *chatbots* conçus spécifiquement pour générer des situations-problèmes de complexité graduelle, représente une piste prometteuse pour aider à la création (Dhyne et Plumat, 2025). Ces outils peuvent jouer le rôle de « compagnons » pédagogiques pour l'enseignant, facilitant la mise en œuvre des pauses métacognitives en proposant des supports différenciés et adaptatifs. L'enjeu est alors de concevoir des environnements d'apprentissage qui soutiennent l'élève dans l'expression, la mise à distance et la réorganisation de ses idées, tout en l'entrainant à mobiliser des stratégies d'inhibition et de réflexion critique. Contrairement à l'idée que l'IA pourrait remplacer les enseignants, l'outil permet de rendre du temps à ces derniers pour être davantage attentifs aux interactions avec les élèves, à leurs représentations et leur permet d'accompagner les élèves dans la construction de leurs apprentissages.

6.3.2. Une formalisation transposable dans les pratiques enseignantes

L'un des enjeux majeurs de cette recherche réside dans la transposabilité du dispositif proposé au sein des pratiques enseignantes. Si les enseignants ayant participé à la première étude ont exprimé un intérêt manifeste pour la création d'un tel dispositif, ils ont également émis certaines réserves, en particulier concernant la charge cognitive et temporelle que peut induire ce dernier. Nous avons alors mis un point d'honneur à concevoir, de façon évidente et simple, l'intégration de pauses métacognitives et l'entrainement au contrôle inhibiteur du dispositif dans des séquences déjà denses. Précisons qu'au-delà de l'apport pour le développement de la pensée critique, la métacognition permet aussi d'aller plus loin dans la maitrise d'un contenu avec une possibilité d'expliquer sa propre démarche ; l'écrit est alors perçu comme un transformateur cognitif (Veenman et al., 2006).

Par ailleurs, cette transposition nécessite que les enseignants soient formés non seulement à des outils, mais aussi à une compréhension approfondie de l'enseignement des sciences. Or, comme le soulignent Daro et Hindryckx (2023), il est fréquent que les élèves ne prennent pas conscience de l'importance de mobiliser leurs représentations initiales dans l'apprentissage scientifique. Les auteurs avancent l'hypothèse que cette lacune trouve son origine dans un manque d'explicitation de la part des enseignants. Par habitude ou par oubli, certains enseignants ne soulignent pas suffisamment l'intérêt de cette étape fondatrice, pourtant centrale dans une approche fondée sur le changement conceptuel (Potvin et al., 2007).

Dès lors, si l'on souhaite favoriser une transposition durable et cohérente du dispositif, il apparaît essentiel de former les enseignants à verbaliser explicitement les principes didactiques sous-jacents à leurs pratiques. Expliquer aux élèves pourquoi, eux-mêmes, doivent exprimer, rendre explicite, leurs idées initiales, en quoi cela sert leur compréhension, ou encore comment une pause métacognitive peut les aider à réorganiser leur pensée, devient un acte pédagogique en soi. Cette explicitation rend visible et compréhensible la logique de la séquence d'apprentissage, tout en renforçant l'engagement cognitif des élèves.

Ainsi, le dispositif proposé ne vise pas à imposer une nouvelle méthode figée, mais à offrir un cadre souple, outillé et théoriquement fondé, susceptible d'être adapté à divers contextes de classe. La formalisation de cette approche permet donc d'envisager des pistes concrètes de formation initiale et continue, articulant outils pédagogiques et développement professionnel des enseignants.

Cependant, l'idée même de formaliser une démarche unique (une démarche type) de pensée critique fait l'objet de critiques. Robert et Garnier (2015) soulignent les limites épistémologiques d'une telle prescription. Selon eux, toute tentative de modéliser ou normer la pensée critique risque de nier son essence réflexive :

> L'idée même d'un guide ou d'un manuel de la « pensée critique » porte en elle-même sa propre annihilation dans la mesure où toute prescription de critique [...] place immanquablement son utilisateur dans une situation de conformité avec un

> modèle dont il n'a pas la maitrise ni fait lui-même l'analyse des fondements. (Robert et Garnier, 2015, §4)

Cette critique pointe un risque : celui de transformer un outil heuristique en dispositif prescriptif, perdant ainsi sa finalité émancipatrice.

Bien que ce point de vue soit légitime, il convient de nuancer cette position. Une démarche structurée ne saurait être suivie mécaniquement, sans réflexion critique sur son usage. C'est précisément la posture réflexive visée par la pensée critique qui permet à l'utilisateur de s'approprier la démarche, d'en interroger les limites, de l'adapter au contexte et d'en tirer des enseignements transférables. Par ailleurs, nous proposons cette démarche avec des élèves de 14-15 ans ayant davantage besoin de structures claires pour progresser. Ainsi, bien que l'on puisse relever une tension entre la formalisation et l'autonomie critique, nous considérons que la pensée critique peut être favorisée par des démarches guidées, à condition que celles-ci soient mises en œuvre dans une perspective réflexive, adaptative et non prescriptive.

6.3.3. Un dispositif bénéfique pour les élèves

Là où le dispositif plus court de l'étude 2 n'avait pas été bénéfique pour les élèves les moins performants, les résultats de l'étude 3 longitudinale mettent en lumière l'effet particulièrement favorable du dispositif sur les élèves les plus en difficulté initialement. Bien que la différenciation n'ait pas été un objectif explicite de départ, elle émerge de manière claire à travers l'analyse des interactions entre la performance initiale des élèves et leur progression au test de pensée critique (CCTT). Cette observation rejoint les constats de plusieurs auteurs soulignant les effets positifs d'un accompagnement métacognitif structuré auprès de publics scolaires fragilisés. Ainsi, Grangeat (1999) insiste sur l'apport de la métacognition dans le développement progressif de l'autonomie chez ces élèves : loin de produire des effets spectaculaires immédiats, elle permet une évolution graduelle mais, solide, fondée sur la conscientisation progressive des stratégies cognitives. C'est précisément dans ce contexte que l'étude 3 semble avoir été plus bénéfique que l'étude 2. Piot (2002) complète l'idée de Grangeat et montre que les élèves en difficultés scolaires réalisent rarement un travail métacognitif dans les cadres habituels de l'école ou en dehors. Lorsqu'ils en ont la possibilité, à travers des dispositifs spécifiques, ils bénéficient pleinement de cette démarche, à condition que l'enseignant s'engage professionnellement, notamment en se formant à l'entretien d'explicitation ou à la valorisation de la parole narrative de l'élève. De son côté, Piquée (2010) rappelle que les dispositifs qui associent apprentissage et socialisation contribuent à l'intégration des élèves en difficulté dans le groupe classe. Cette intégration repose sur une conception inclusive de l'enseignement, dans laquelle la reconnaissance de la diversité des profils cognitifs s'accompagne d'un engagement collectif dans la construction du savoir. Le dispositif développé dans notre recherche s'inscrit pleinement dans cette logique, en permettant à tous les élèves de s'engager dans une démarche réflexive, tout en offrant aux plus fragiles un espace où leur pensée peut émerger, se structurer, et évoluer sans jugement. Plus récemment et dans le contexte de l'enseignement supérieur, Houart (2017) rappelle que le développement de l'autonomie des étudiants

constitue un enjeu central. Pour y répondre, la métacognition apparaît comme un levier fondamental, en articulation étroite avec d'autres dimensions de l'apprentissage autorégulé telles que la motivation, la volition et la cognition. Le modèle qu'elle propose est destiné à accompagner les enseignants dans l'identification des difficultés rencontrées par les étudiants et dans la mise en place de dispositifs favorisant leur autonomie. Ce modèle met en lumière l'importance de la métacognition pour planifier, surveiller et réguler les processus d'apprentissage de l'étudiant. Dans son modèle, la métacognition permet à l'étudiant de prendre conscience de ses stratégies, de ses points forts et de ses limites, mais aussi d'ajuster son comportement en fonction des exigences de la tâche.

L'analyse des résultats empiriques révèle que les pauses métacognitives jouent un rôle central dans cette dynamique. Elles offrent des moments d'arrêt, de recul et de restructuration de la pensée, qui s'avèrent particulièrement bénéfiques pour les élèves qui peinent à suivre le rythme habituel des séquences d'enseignement. Là où certains élèves parviennent spontanément à organiser leur raisonnement ou à mobiliser des stratégies efficaces, d'autres ont besoin, de façon temporaire, d'un guidage explicite pour identifier, évaluer et ajuster leurs démarches. Les pauses métacognitives, lorsqu'elles sont structurées et accompagnées, répondent précisément à ce besoin, en créant les conditions d'un apprentissage plus conscient et plus maitrisé.

Enfin, ces constats trouvent un écho dans les préoccupations actuelles du monde enseignant. Bergeron et al. (2021), en contexte québécois, soulignent que, malgré l'importance accordée à la différenciation pédagogique dans les textes officiels, les enseignants se déclarent souvent peu outillés pour la mettre en œuvre concrètement. Dans cette perspective, le dispositif présenté ici constitue une piste d'action praticable, en offrant un cadre formalisé, mais adaptable, qui s'appuie sur des fondements scientifiques solides tout en demeurant ancré dans les réalités de la classe.

À l'inverse de ce regard optimiste, nous nuançons l'apport du dispositif créé pour les élèves les plus performants au départ qui semblent moins en bénéficier (Massé, 2023). Une solution pour répondre à ce constat est l'enrichissement pédagogique et les modalités d'accélération de Massé et al. (2021). L'enrichissement pédagogique est étroitement associé à la différenciation, dans la mesure où il implique pour l'enseignant d'adapter la présentation des contenus, l'organisation des tâches, les méthodes d'enseignement et d'apprentissage, ainsi que les attentes en matière de productions. Une telle démarche contribue positivement au développement du potentiel des élèves à haut niveau de compétence, en améliorant non seulement leurs performances scolaires, mais aussi leur bien-être et leur équilibre socioaffectif. En effet, le fait de pouvoir mobiliser pleinement ses capacités favorise l'estime de soi et renforce le sentiment de bien-être à l'école. Par ailleurs, les modalités d'accélération scolaire recommandées peuvent être regroupées en deux grandes catégories : d'une part, celles qui reposent sur un rythme plus rapide d'introduction des apprentissages ; d'autre part, celles qui modifient la trajectoire scolaire des élèves. Ces éléments étant posés, nous proposons des réflexions pour enrichir concrètement notre dispositif en ce sens. Au-delà de proposer des problèmes plus complexes à résoudre, il nous semble qu'il serait possible de valoriser les apports des élèves les plus performants durant la pause métacognitive. La phase

de débat oral pourrait se dérouler en deux temps : un premier temps en sous-groupe de quatre ou cinq élèves ; un deuxième temps en groupe classe. Lors du premier temps de discussion en sous-groupes, les élèves identifiés comme les plus performants pourraient prendre un rôle de modérateur au sein de leur sous-groupe. En plus de proposer leur réflexion, ils pourraient également davantage questionner les réflexions des autres élèves et ainsi valoriser leurs performances plus élevées ou expliciter leurs propres raisonnements.

Chapitre 7

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Le développement de la pensée critique constitue un enjeu majeur dans la société actuelle. Il favorise un enseignement démocratique, dans lequel les débats argumentés sur des enjeux sociaux et environnementaux permettent aux élèves d'exercer leur jugement et de répondre avec nuance. Comment développer la pensée critique dans le contexte de la classe ? Pour que cette compétence se construise réellement, le rôle de l'enseignant est central. Sa formation, sa posture et ses choix pédagogiques sont déterminants pour instaurer un cadre propice à l'émergence de la pensée critique. La verbalisation explicite (par l'enseignant et par l'élève) de cette compétence, lorsqu'elle est intégrée aux disciplines scolaires, apparaît comme la méthode la plus efficace. Le développement de la pensée critique doit s'ancrer dans des situations contextualisées et signifiantes. La métacognition est également identifiée comme un levier essentiel : réfléchir à ses propres processus de pensée permet à l'élève de mieux raisonner et d'évaluer l'information. Cela rejoint les modèles des systèmes de pensée (système 1 et système 2), soulignant l'importance d'inhiber les réponses intuitives au profit de raisonnements plus réfléchis. Dans l'enseignement secondaire, peu de dispositifs structurés visent cet apprentissage, bien que les recherches en didactique des sciences montrent des résultats encourageants. Confronter les élèves à un conflit sociocognitif, favoriser l'inhibition et verbaliser les démarches métacognitives contribuent à renforcer la pensée critique. L'enseignant joue ici encore un rôle essentiel, notamment à travers l'initiation des pauses métacognitives et le soutien au dialogue réflexif.

Afin d'apporter une réponse à la problématique énoncée, nous adoptons le cadre théorique suivant.

Le développement de la pensée critique s'inscrit dans un cadre socioconstructiviste, où le dialogue et les conflits sociocognitifs soutiennent précisément cette pensée critique. Elle est définie comme un processus mobilisant des savoirs, savoir-faire et savoir-être pour résoudre des problèmes contextualisés, à travers des capacités clés telles que la formulation de questions, l'émission d'hypothèses et l'interprétation. Ces capacités sont pleinement intégrées à la démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences. La métacognition, en tant que macroprocessus, mobilisée à travers des pauses métacognitives proactives, offre aux élèves un recul réflexif sur leurs représentations et, au travers de leur évaluation, permet de les faire évoluer. Enfin, le contrôle inhibiteur, en tant que microprocessus cognitif, permet de suspendre les réponses intuitives au profit de raisonnements plus réfléchis. Dans cette démarche, l'enseignant joue un rôle essentiel en concevant des situations-problèmes fondées sur les représentations initiales des élèves, en favorisant la démarche métacognitive et en structurant les échanges nécessaires au conflit sociocognitif. Ce cadre théorique nous a permis de poser la question de recherche suivante.

Comment la mise en œuvre de pauses métacognitives et d'un entrainement du contrôle inhibiteur influence-t-elle l'évolution de la pensée critique développée dans le cadre de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation ?

7.1. Conclusion des résultats

Afin de répondre à cette question de recherche, notre démarche se structure en trois études.

La première étude portant sur les représentations qu'ont les enseignants sur la pensée critique permet de comprendre toute la complexité de développer une pensée critique et contribue à identifier les représentations des enseignants en Belgique francophone. Elle permet d'amener une réflexion sur la place du développement de la pensée critique dans la formation initiale des enseignants ou, tout au moins, la conscience de son développement. Cette étude permet d'identifier des besoins en termes de soutien ou de formation des enseignants et pourrait, in fine, guider les décisions en politique de l'éducation en Belgique francophone. Des capacités propres aux penseurs critiques font écho chez les enseignants et peuvent donc être mises en avant pour aider les enseignants à produire leurs séquences d'apprentissage. Ainsi, le développement du contrôle inhibiteur comme élément d'une pause métacognitive est un élément de réflexion intéressant afin de développer la pensée critique des élèves. Parallèlement à l'appropriation du concept de pensée critique par les enseignants, les données peuvent également soutenir l'élaboration d'outils spécifiques visant le développement de la pensée critique des élèves, en s'adaptant au mieux à leurs représentations et à leurs besoins. La première étude ouvre la voie à la création d'une démarche innovante pour favoriser le développement de la pensée critique associant investigation, pauses métacognitives et contrôle inhibiteur. Ces résultats sont alors complétés par l'étude 2.

Lors de la seconde étude, le dispositif créé n'a pas permis de mettre en évidence de façon quantitative si le nombre de pauses métacognitives ou si le moment de mise en œuvre de ces pauses était le plus approprié pour favoriser significativement le développement de la pensée critique. En revanche, nous avons constaté que les élèves qui ont bénéficié de deux pauses métacognitives ont exprimé verbalement plus d'idées lors d'une DI de transfert, et nous avons également mis en évidence une corrélation positive entre le résultat obtenu à cette tâche et le nombre de pauses métacognitives vécues. La convergence de ces observations soutient l'idée que mener deux pauses métacognitives par DI, la première préalablement à l'émission d'hypothèses et la seconde préalablement à l'interprétation, est intéressante pour favoriser le développement de capacités relatives à la pensée critique. De plus, mener deux pauses par DI semble en adéquation avec nos réalités de terrain et pourrait favoriser un transfert potentiel vers d'autres DI.

La troisième étude s'inscrit dans une approche quantitative et qualitative. Les résultats montrent tout d'abord que les performances de pensée critique ne progressent pas chez les élèves vivant uniquement le cours de sciences classique centré sur des démarches d'investigation (groupe contrôle), et ont même tendance à diminuer.

À l'inverse, les dispositifs didactiques testés expliquent (pour 4 %) une différence significative des résultats au CCTT entre le prétest et le post-test. Bien que cet effet soit très faible, nous observons des effets différenciés et prometteurs plus marqués au sein de certains sous-groupes, comme les élèves performant dans la moyenne au CE1D et vivant soit le dispositif centré sur l'entrainement du contrôle inhibiteur, soit le dispositif centré sur les pauses métacognitives. De la même façon, en analysant les effets du dispositif sur le développement de capacités sous-jacentes à la pensée critique, nous relevons que les résultats des dimensions « induction », « observation » et « crédibilité » du CCTT sont influencés par le dispositif suivi (expliquant 3 % de la variation). La dimension « déduction » et la dimension « hypothèse » évoluent positivement chez les garçons suivant le dispositif centré sur l'entrainement du contrôle inhibiteur. De la même façon, la dimension « déduction » évolue positivement chez les élèves en sciences de base suivant le dispositif centré sur l'entrainement du contrôle inhibiteur. Le dispositif centré uniquement sur les pauses métacognitives semble particulièrement bénéfique pour les élèves initialement faibles. En effet, pour ce sous-groupe spécifique, quatre dimensions évoluent positivement. Enfin, le dispositif combinant les deux démarches, bien que théoriquement prometteur, n'a pas démontré d'effet global supérieur. Pour les élèves suivant le cours de sciences générales, ce dispositif favorise le développement de la dimension « induction ». A l'inverse, pour les élèves suivant le cours de sciences de base, les dimensions « observation » et « crédibilité » évoluent négativement durant le dispositif. Ainsi, ce dispositif plus conséquent semble être bénéfique dès lors que le nombre de périodes de cours par semaine permet de véritablement se l'approprier (cinq heures par semaine). A l'inverse, un cours de trois heures par semaine ne semble pas suffisant pour pleinement le mettre en œuvre et il n'y est dès lors pas observé d'effet bénéfique. Parmi ces résultats plus fins, l'analyse met en lumière l'effet différencié des dispositifs selon le genre, l'option scientifique suivie et les connaissances préalables. Les garçons, selon les cas, semblent davantage progresser sur certaines dimensions de la pensée critique. Les élèves inscrits en sciences générales tirent davantage profit des pauses métacognitives, tandis que ceux en sciences de base bénéficient davantage de l'entrainement au contrôle inhibiteur. Enfin, les élèves les plus faibles initialement au CCTT sont les principaux bénéficiaires des dispositifs, tandis qu'un effet de plafond et une éventuelle démotivation semblent affecter les plus performants.

L'étude 3 étant une étude mixte basée sur le design du modèle séquentiel explicatif, l'analyse qualitative se focalisant sur des élèves ayant vécu le dispositif complet (des pauses métacognitives et de l'entrainement du contrôle inhibiteur) est arrimée à l'analyse quantitative particulière du groupe 4 (M+CI). Cette analyse cherche à éclairer pourquoi le dispositif plus complet ne donne pas les résultats attendus. Les cinq élèves emblématiques de l'étude multi-cas sont des garçons et des filles provenant de classes différentes et ayant surtout une implication différente dans leur scolarité (révélée par les observations de l'enseignant et leurs résultats certificatifs au terme de l'année). Cette étude qualitative révèle que l'implication scolaire ne reflète pas nécessairement l'implication dans la démarche métacognitive. Des élèves aux implications scolaires opposées ont exprimé des perceptions similaires de la démarche, montrant ainsi que l'adhésion au dispositif dépend davantage de la valeur perçue de celui-ci que de leur comportement habituel en classe. Ainsi, les élèves

soulignent la complexité à mener des pauses métacognitives, le manque d'habitude à prendre conscience de leurs processus mentaux, ainsi qu'une faible motivation liée à une perception peu claire de leur utilité. De la même façon, ils ne perçoivent pas toujours le lien entre leurs représentations initiales et la formulation d'hypothèses ou d'interprétations. La faible appropriation de l'entrainement au contrôle inhibiteur constitue un troisième élément d'explication. Bien que l'activité ait été régulière, elle était brève et peu discutée en classe. Avec le temps, sa signification semble s'être estompée pour les élèves, qui n'en perçoivent plus l'intérêt. La perception de sa valeur a donc diminué, réduisant potentiellement son efficacité, d'autant plus que ce module passait au second plan derrière les pauses métacognitives, plus visibles et discutées.

Par ailleurs, un écart est observé entre les discours des élèves et leurs pratiques réelles. Certains affirment que les pauses métacognitives sont utiles, mais ne les appliquent pas. Le rôle de l'enseignant est alors essentiel pour accompagner les élèves dans la mise en œuvre des pauses métacognitives. Les productions écrites durant les pauses métacognitives révèlent également certaines limites. Le document de collecte des traces est perçu comme rigide et redondant, notamment dans la distinction entre la question sur les représentations et la formulation des hypothèses ou des interprétations. Les élèves souhaitent davantage de liberté dans la forme de leur réponse : phrases, mots-clés, schémas ou cartes mentales. Si le cadre structurant semble favoriser la prise d'habitude, un assouplissement pourrait rendre l'outil plus engageant. Au-delà du document en tant que tel, il est relevé que, dans le contexte des pauses métacognitives, l'expression écrite est difficile pour les élèves. Enfin, l'approche socioconstructiviste du dispositif est perçue comme un moment riche par les élèves comme par les enseignants. Les échanges entre pairs permettent une confrontation d'idées, une prise de conscience des stratégies des autres, et une évolution des représentations. Ce moment de discussion après la pause individuelle est donc essentiel pour enrichir la réflexion.

7.2. Perspectives

Les résultats obtenus offrent plusieurs perspectives. Nous proposons de les structurer de la façon suivante : celles portant sur l'amélioration du dispositif en tant que tel, celles portant sur la diffusion des résultats et la formation et celles centrées sur d'autres recherches.

7.2.1. Perspectives d'amélioration du dispositif

L'analyse des résultats amène plusieurs pistes concrètes pour améliorer le dispositif, tant dans sa conception que dans sa mise en œuvre.

Le dispositif de l'étude 1 centrée sur les représentations des enseignants sur la pensée critique pourrait être amélioré en vérifiant le kappa de Cohen du questionnaire et en le soumettant à nouveau à un échantillon s'approchant le plus possible de la population enseignante en Fédération Wallonie-Bruxelles dans un contexte différent de la pandémie de Covid-19. Il serait alors intéressant d'observer les résultats nouvellement acquis et de les comparer aux précédents, afin de mettre en évidence ou non leur évolution en lien avec le contexte sociétal (le contexte particulier de la pandémie avait-il un effet sur les

représentations de la pensée critique ; cinq ans plus tard, comment ces représentations ont-elles évolué ?).

Il est également possible d'envisager des perspectives d'amélioration du dispositif didactique.

Tout d'abord, la compétence de pensée critique des enseignants prenant part à l'expérimentation pourrait être vérifiée à l'aide d'un test préalable. Cette donnée mesurée, il serait possible de la mettre en relation avec les pratiques mises en œuvre et la façon dont les élèves accueillent le dispositif. De plus, relevant que l'effet enseignant peut être important (Hattie, 2009), vérifier cette donnée permettrait de mieux prendre en compte les variabilités entre les enseignants. Par ailleurs, la séance d'information initiale pourrait être plus complète que celle proposée dans le cadre de ce travail. Elle pourrait être structurée en trois temps : un temps de découverte théorique, un temps de perception du dispositif en le vivant comme un élève et un temps d'appropriation du dispositif en le mettant en œuvre en milieu sécurisant (avec d'autres collègues ou un plus petit groupe d'élèves ne participant pas à l'étude).

Ensuite, il est possible d'envisager l'ajustement de la difficulté des tâches proposées. Morlaix et Lambert-Le Mener (2015) relèvent qu'au-delà d'un certain seuil, les élèves les plus performants initialement atteignent un effet de « plafond » en termes de motivation, ce qui limite leurs progrès. Dans la même perspective, dans le contexte de l'enseignement supérieur dans les filières de la santé, Nelson et Eliasz (2022) soulignent, à travers le *Challenge Point Framework*, que l'apprentissage optimal émerge lorsque la difficulté de la tâche est en adéquation avec le niveau de compétence de l'élève. Une tâche trop simple ou trop complexe peut provoquer du désengagement et limiter les progrès, comme cela apparait également dans la zone proximale de développement de Vygotsky. Cela appelle à mieux cibler, d'une part, les démarches d'investigation dans lesquelles intégrer les pauses métacognitives et, d'autre part, à moduler leur fréquence pour éviter une forme d'essoufflement cognitif. De plus, ces différentes démarches d'investigation de complexités variables proposées aux élèves en fonction de leur niveau de maitrise des concepts, pourraient être une forme de différenciation au sein des cours.

Les retours des élèves et des enseignants, notamment dans les cours de sciences de base, soulignent que le dispositif, dans sa forme actuelle, est difficilement conciliable avec des contraintes de temps ou d'effectifs nombreux. Ainsi, limiter le nombre de pauses métacognitives et repenser leur structure est une piste d'amélioration. Par exemple, au lieu de demander une réécriture complète des idées avant la phase d'interprétation, une relecture avec enrichissement différencié (par une autre couleur) pourrait alléger la tâche. De même, des ajustements dans la modalité d'échange peuvent être introduits : passer d'une discussion immédiate en grand groupe à une discussion préparatoire en binôme permettrait à chaque élève de s'exprimer plus sereinement, mais serait également propice au conflit sociocognitif. Il est également possible de faire évoluer ce temps d'échange au terme des pauses métacognitives pour apporter un feed-back aux élèves, favorisant l'évolution de leurs représentations et leurs apprentissages (Hattie, 2009). Ces adaptations sont d'autant plus pertinentes que le dispositif se déploie dans des contextes variés, avec des classes plus ou

moins motivées, plus ou moins nombreuses, et avec un temps de cours variable. Nous précisons que ces différentes modalités peuvent demander une aisance en gestion de classe plus ou moins grande et qu'elles peuvent être dès lors plus ou moins faciles à mettre en place en début de carrière ou dans des contextes plus difficiles.

Bien qu'ils reconnaissent que la pause métacognitive leur permet de clarifier leurs idées, de structurer leur pensée, et de mieux comprendre le sujet, les élèves eux-mêmes ont manifesté, lors des observations, une certaine lassitude face à la répétition de la démarche. Cela impose de réfléchir à une meilleure alternance des supports et des formats, mais aussi à une valorisation plus explicite de la démarche. Ainsi, un autre aspect à améliorer concerne le format des supports de recueil des traces métacognitives. Cela rejoint les apports de Fayol (2007) sur la complexité de l'expression écrite, qui mobilise planification, mise en texte et retour réflexif, et souligne l'intérêt cognitif du passage par l'écrit. Toutefois, cette modalité n'est pas sans difficulté, notamment pour les élèves qui ne maitrisent pas pleinement la langue écrite ou qui sont freinés par le format scolaire attendu. Il est donc essentiel de sortir de l'unicité du texte suivi comme production attendue, et de proposer, à la place, une pluralité de formes d'expression : texte, carte mentale, schéma, liste de mots-clés, etc. Comme le montrent Ayrinhac et Bru (2020), le type de support (texte, schéma, oral) influence la nature des représentations exprimées. Des productions mêlant schéma et texte favorisent une expression plus précise, tandis que l'oral permet un vocabulaire plus spontané, mais souvent influencé par des stéréotypes. Il semble donc opportun d'adopter un recueil de traces plus flexibles (par exemple, écrit, schématique ou oral). Cette flexibilité permettrait la verbalisation du « déjà-là » de différentes façons tout au long de l'année.

Sur le plan méthodologique, plusieurs limites du dispositif actuel doivent également être prises en compte. L'absence de feedback constitue un manque majeur, alors même que Hattie (2009) souligne l'impact fondamental du retour sur l'apprentissage. Il serait donc essentiel d'introduire un feedback régulier, que ce soit par l'enseignant ou par les pairs, notamment de façon plus claire lors du dialogue au terme des pauses métacognitives. En parallèle, les prompts métacognitifs peuvent être retravaillés. En ce qui concerne l'entrainement au contrôle inhibiteur, les résultats montrent qu'il a été peu mis en valeur par les élèves, bien qu'il ait été mis en œuvre de manière régulière. Sa discrétion dans les retours recueillis suggère qu'il a perdu de son sens, au fil du temps. Il serait utile de le réintégrer de manière plus explicite. Enfin, le dispositif gagnerait à être renforcé en amont par une formation de base plus active et plus explicite des élèves. Lors de cette formation, il conviendrait non seulement de présenter les objectifs des pauses métacognitives, mais aussi d'expliquer les différentes formes que peut prendre l'activité métacognitive elle-même (planification, évaluation, régulation), comme l'ont relevé Noël et Cartier (2016). Cela permettrait aux élèves de mieux identifier les moments où ils les mobilisent et de prendre conscience de leurs propres stratégies d'apprentissage. Une répétition régulière de ces objectifs au cours de l'année et dans d'autres cours permettrait également de maintenir le sens de la démarche.

Toujours sur le plan méthodologique, la prise en compte de la dimension sociale des pauses métacognitives pourrait être améliorée. Comme précédemment expliqué, le dispositif pourrait comporter moins de pauses métacognitives mais celles-ci pourraient être davantage

sources d'informations collectées et analysées. Ainsi, les pauses métacognitives pourraient faire l'objet d'un enregistrement vidéo systématique afin de mieux comprendre les interactions entres les élèves mais également avec l'enseignant durant ces temps d'échange. Selon le même raisonnement, la prise en compte de la motivation des élèves et des enseignants à vivre le dispositif pourrait être envisagée, sachant que cette dernière est essentielle pour favoriser l'engagement dans le dispositif. Des tests standardisés pourraient être soumis à différents moments de celui-ci afin d'évaluer globalement la motivation des élèves ; des focus groupes pourraient également être mis en place tout au long du dispositif afin de percevoir leur motivation à s'y engager.

L'implication des élèves dans le dispositif n'ayant pas été optimal, il pourrait être intéressant de les y impliquer davantage. Comme Trisconi et Cuozzo (2022) le soulignent, pour accroitre l'engagement dans un dispositif, il convient d'y impliquer les participants en leur laissant une certaine marge de créativité. Il serait possible d'envisager la création du dispositif centré sur la mise en œuvre de pauses métacognitives par un groupe d'élèves (focus groupe) lors d'une année 1. Lors de l'année 2, le dispositif créé pourrait être mis en œuvre avec tous les élèves. De cette façon, les élèves à l'origine du dispositif pourraient communiquer positivement sur ce qu'ils auraient créé et impliquer davantage leurs condisciples de classe. De plus, les autres élèves y verraient plus d'intérêt et de valeur, car le dispositif aurait été créé par leurs pairs.

Au regard de la corrélation observée entre les performances au CCTT et celles au CE1D et vu l'accès limité au CCTT (payant), l'exploitation des résultats au CE1D pourrait constituer une alternative intéressante pour différencier les élèves en début d'année.

Il en va de même pour l'évaluation du contrôle inhibiteur : en l'absence du test de Stroop, des jeux ou activités ciblées pourraient être mis en place pour exercer cette fonction exécutive, comme l'ont montré d'autres travaux (Willame, 2017).

Enfin, si notre étude a été menée dans un milieu socio-éducatif relativement favorisé, il conviendrait d'étudier plus en profondeur les conditions de transférabilité du dispositif dans des contextes moins favorisés, où le développement de la pensée critique est tout aussi crucial.

7.2.2. Perspectives de diffusion et de formation

Au travers du référentiel du Tronc Commun, on relève que la place du développement de la pensée critique a augmenté. Nous passons d'une phrase dans un texte de loi (décret missions en 1997) à une page complète détaillant l'importance de développer la pensée critique des élèves.

La nouvelle approche des cours dans l'enseignement en Fédération Wallonie-Bruxelles est révolutionnaire pour les enseignants. En effet, jusqu'alors, le contenu enseigné était central et permettait de développer des macro-compétences pour former les citoyens de demain. Dans les nouveaux programmes, le paradigme est inverse. L'enseignant doit proposer un enseignement permettant le développement d'une ou plusieurs macro-

compétences, appelées visées transversales. Pour développer ces macro-compétences, l'enseignant doit les situer, les développer dans un cadre concret. Les concepts matières et la démarche enseignée sont un prétexte au développement de macro-compétences. Ce changement est majeur pour les enseignants. En effet, ces derniers choisissent une formation initiale en fonction d'une didactique qu'ils affectionnent. Ils créent des séquences d'apprentissage dans le but de faire découvrir des concepts de leur matière. La découverte des concepts d'une matière leur permet alors d'aborder et de développer des macro-compétences, comme le développement d'une pensée critique. Avec l'arrivée du nouveau référentiel, la construction de la matière est inversée. Les enseignants doivent cibler les macro-compétences qu'ils souhaitent développer avec les élèves, puis ils doivent aborder la matière enseignée de façon à développer spécifiquement ces visées transversales, en plus de tous les savoirs et savoir-faire liés à la discipline.

Dans le référentiel du tronc commun, chaque visée transversale est détaillée en une page. Des démarches globales sont expliquées pour soutenir la visée transversale et des exemples de savoir-faire sont fournis. De plus, au regard du texte, les enseignants pourraient croire que c'est en travaillant un savoir-faire spécifique dans un contexte spécifique qu'ils favorisent le développement de la pensée critique. Or, il existe des démarches pédagogiques ou didactiques exploitables dans de nombreuses situations permettant le développement de cette compétence de pensée critique.

À la lecture du changement imposé par le prescrit, bien que ce changement puisse être nécessaire dans la société en évolution, le rôle de l'enseignant change de façon non négligeable. Outre les compétences pédagogiques nécessaires à la gestion des élèves qui lui sont confiés et aux groupes classes qu'ils doivent gérer, outre les compétences didactiques nécessaires pour enseigner une discipline, les enseignants doivent développer des compétences en méta-analyse de leurs séquences, de façon à intégrer dans leurs enseignements toutes les compétences prônées par le référentiel et le programme. Nous relevons que dans le réseau libre (Ségec), une couche de macro-compétences supplémentaires s'ajoute à l'analyse que doivent mener les enseignants (Direction de l'Enseignement Secondaire, 2025). En effet, une spécificité de ce réseau est l'intégration des compétences d'Éducation à la Philosophie et à la Citoyenneté (EPC) dans chaque discipline. Ainsi, les enseignants de ce réseau doivent concevoir des séquences d'apprentissage reposant sur les fondamentaux prônés par le réseau libre (Mission de l'École Chrétienne dont la dernière édition date de 2021), les visées transversales du référentiel, les compétences intégrées d'EPC et enfin, des compétences de la discipline enseignée.

Pour répondre à cet enjeu, il est nécessaire d'agir auprès de chaque acteur de l'enseignement.

Tout d'abord, lors de la formation initiale en haute école, les formateurs doivent intégrer cette nouvelle approche de construction de séquences dans les cours de pédagogie. Les enseignants en formation doivent développer cette méta-analyse et ne peuvent rester centrés sur des considérations didactiques et de gestion de classe. Au-delà de ces considérations, il est pertinent d'évoquer l'intégration d'une formation centrée sur développement de la pensée

critique en lien avec la démarche d'investigation dans le cadre spécifique des cours de sciences, mais également en lien avec le développement de démarches métacognitives et du contrôle inhibiteur.

Ensuite, la formation continue des enseignants en exercice doit répondre au changement en donnant accès à des offres de formations répondant à ces nouveaux enjeux. Ainsi, il est intéressant que les enseignants soient formés à la métacognition par une approche théorique afin d'en comprendre l'importance ; puis qu'ils puissent vivre une démarche métacognitive, afin d'en percevoir la complexité et qu'ils puissent se mettre à la place de leurs élèves ; enfin, qu'ils puissent intégrer cette démarche dans leurs pratiques et puissent l'expérimenter au sein de leurs classes.

Pour apporter une réponse à cette réflexion, nous avons déjà la chance de pouvoir partager le fruit du travail de cette thèse de doctorat auprès du groupe d'écriture chargé de la rédaction du programme de sciences de première année secondaire du nouveau tronc commun (Direction de l'Enseignement Secondaire, 2025). Grâce aux échanges avec les rédacteurs, en acceptant que le dispositif ne puisse pas être mis en œuvre facilement à tout instant, des séquences d'apprentissage intégrant les pauses métacognitives sont présentées dans le programme (cf. Annexe 24) ainsi qu'une fiche méthodologique sur la métacognition et la façon de mener une pause métacognitive (cf. Annexe 25). Avec cette place dans le programme de sciences, ce sont des centaines d'enseignants qui peuvent découvrir le dispositif créé et se l'approprier pour le mettre en place dans leurs classes. Dans la mesure où ce programme de sciences est accessible depuis le mois de juillet 2025 et sera mis en œuvre dès la rentrée scolaire de 2026, il est nécessaire de rebondir sur cette opportunité de partage et de proposer des formations continues aux enseignants pour découvrir le dispositif. Cette démarche d'intégration du dispositif dans le nouveau programme de sciences du Ségec devrait se poursuivre pour la deuxième année du secondaire.

Au-delà de proposer des formations continues en lien avec le nouveau programme du réseau libre, le dispositif créé peut être source de formations à différents niveaux : que ce soit dans des modules relatifs à la démarche d'investigation, la gestion des fonctions exécutives, ou la métacognition.

7.2.3. Perspectives pour d'autres recherches

Cette recherche doctorale ouvre de nombreuses pistes pour d'autres recherches, tant sur le plan méthodologique que théorique.

Premièrement, cette étude pose la question plus large du rôle de l'enseignant dans la mise en œuvre d'un tel dispositif. Inspirée des propos de Barbier (2024), une réflexion sur la posture enseignante est indispensable : comment créer un environnement propice à la curiosité, à la discussion, à l'argumentation et au doute raisonné ? L'enseignant joue ici un rôle clé de médiateur et d'étayeur. Sa capacité à organiser les échanges, à questionner les représentations des élèves et à les amener à justifier leurs points de vue conditionne l'efficacité des pauses métacognitives. Il serait utile de documenter cette dimension dans de

futures recherches, en observant plus finement les pratiques d'enseignement dans différents contextes.

Deuxièmement, la démarche explorée pourrait s'enrichir d'un élargissement du public cible. Si les élèves de 14-15 ans ont constitué une population pertinente pour étudier les effets d'un dispositif articulant métacognition et contrôle inhibiteur, plusieurs travaux suggèrent qu'une mise en œuvre plus précoce pourrait produire des effets intéressants. Des recherches menées par Allix et al. (2023) montrent que les compétences métacognitives se développent dès l'âge de 7–8 ans, avec une progression continue jusqu'au début de l'âge adulte. Il serait donc pertinent de tester un tel dispositif chez des élèves plus jeunes afin de favoriser un développement précoce et progressif des compétences métacognitives. Cela impliquerait également d'adapter le dispositif à leurs capacités cognitives et langagières, en particulier en matière de verbalisation écrite ou orale.

Troisièmement, la question de la modalité de verbalisation lors des pauses métacognitives mérite également d'être approfondie. Les travaux d'Ayrinhac et Bru (2020) ont mis en évidence l'influence de la forme du recueil (écrit, oral, schématique) sur la qualité des représentations exprimées. Un recueil par schéma combiné à du texte favorise des représentations plus précises, tandis que l'oral, bien que plus spontané, tend à faire émerger un vocabulaire plus imagé, parfois influencé par les médias. Il serait donc intéressant d'étudier plus systématiquement l'impact de ces différentes modalités sur l'appropriation du dispositif et sur les apprentissages. L'étude de prolongement menée durant cette recherche doctorale et conduite par Piron (2023) dans le cadre de son travail de fin d'études, centrée sur cette question, constitue un point de départ encourageant.

Quatrièmement, le dispositif initial gagnerait à être mis en œuvre sur une plus longue durée, en particulier dans une logique longitudinale, sur plusieurs années. Cela permettrait de mieux étudier les effets cumulatifs et de consolider l'intégration des pratiques métacognitives dans le quotidien scolaire. Un tel prolongement pourrait être appuyé par des analyses de profils latents (Morin et Litalien, 2019) afin d'identifier des trajectoires différenciées selon les sous-compétences de pensée critique mesurées, par exemple, via le CCTT. Une telle analyse pourrait mettre en lumière la façon dont les élèves évoluent selon des profils initiaux, ce qui orienterait à son tour des adaptations pédagogiques plus ciblées.

Cinquièmement, un autre prolongement intéressant réside dans l'articulation entre approche socioconstructiviste et cognitiviste au travers de l'enseignement explicite. L'une ne doit pas exclure l'autre (Bressoux, 2022 ; Académie de Paris, 2023 ; Morzadec et Reynaud, 2025). Si les pauses métacognitives s'inscrivent dans une dynamique réflexive et coopérative, elles gagnent à être soutenues par un enseignement explicite des stratégies cognitives et métacognitives, de leurs objectifs et de leur utilité. Dans notre dispositif, l'enseignement des sciences est constructiviste et les pauses métacognitives davantage cognitivistes, bien qu'elles reposent également sur un temps de dialogue important. Trouver le bon équilibre entre ces deux approches est un défi intéressant dans un monde de l'éducation en perpétuelle évolution.

Enfin, à l'instar de l'appel d'Ennis (1989), et toujours d'actualité selon Gagnon (2012), il est urgent de documenter empiriquement les manifestations de la pensée critique dans différentes disciplines scolaires et de tester la transférabilité de cette compétence dans des contextes variés. De futures recherches pourraient ainsi comparer l'intégration du dispositif dans plusieurs disciplines et étudier plus précisément les conditions de transfert interdisciplinaire des compétences métacognitives et critiques. Nous rappelons également que nous avons choisi un type d'activités correspondant à l'âge des élèves et au contexte scolaire étudié. Il est évident que l'on aurait pu choisir d'autres activités pour favoriser le développement de la pensée critique. Par exemple, l'analyse de documents, dans le cadre d'un cours d'histoire ; l'analyse d'un discours politique, dans le cadre d'un cours de géographie ; la mobilisation de capacités relevant davantage de la logique, dans un cours de mathématiques ; la tenue d'un débat ou d'une argumentation, dans le cadre d'un cours de français. Ces autres contextes d'enseignement sont autant de pistes à investiguer pour continuer à nourrir une réflexion sur le développement de la pensée critique en milieu scolaire.

7.3. Le mot de la fin

En 2025, le développement de la pensée critique est un enjeu de société. L'éducation est une des réponses. La pensée critique est un sujet complexe, pouvant être développé de plusieurs façons en se focalisant sur une ou plusieurs des capacités la sous-tendant. Le dispositif proposé est une façon de développer la pensée critique des élèves et, bien qu'apportant des réponses, soulève tout autant de questions.

Nous nous proposons de retenir que le développement de la pensée critique ne peut être laissé au hasard du parcours scolaire. Il nécessite des dispositifs construits, ciblés et adaptés aux profils des élèves. Les résultats incitent à privilégier des approches centrées sur un processus à la fois, pour optimiser leur efficacité. Élèves et enseignants sont au centre de notre approche dans laquelle le dialogue et l'acculturation sont essentiels.

Table des tableaux

Table des tableaux

Tableau 1. Structure du questionnaire de l'étude 1 107
Tableau 2. Déroulement de l'étude 2 109
Tableau 3. Comparaisons de différents instruments évaluant la pensée critique (partie 1) 113
Tableau 4. Comparaisons de différents instruments évaluant la pensée critique (partie 2) 115
Tableau 5. Dimensions de la pensée critique intégrées dans le CCTT niveau X 116
Tableau 6.Déroulement du dispositif didactique et groupes participant à la recherche longitudinale 131
Tableau 7. Classement des dix capacités les plus pratiquées pour développer la pensée critique par l'ensemble des enseignants 154
Tableau 8. Classement des dix capacités les plus pratiquées pour développer la pensée critique par les enseignants en sciences 157
Tableau 9. Classement des dix capacités estimées les plus importantes pour développer la pensée critique par l'ensemble des enseignants 159
Tableau 10. Classement des dix capacités estimées les plus importantes pour développer la pensée critique par les enseignants en sciences 161
Tableau 11. Déroulement du dispositif didactique et groupes participant à la recherche 169
Tableau 12. Analyse descriptive du CCTT en prétest et post-test pour chaque groupe expérimental 177
Tableau 13. Analyse descriptive du CCTT en prétest et post-test pour l'ensemble des élèves 177
Tableau 14. Test t pour échantillons appariés (les résultats du prétest et du post-test) 178
Tableau 15. Comparaison du résultat moyen de notre échantillon au CCTT avec un autre échantillon 179
Tableau 16. Corrélation entre le nombre de pauses métacognitives et l'évolution du score de la sous-

compétence « Déduction » en fonction du score global des élèves (performant le moins bien ou le mieux) 180
Tableau 17. : Corrélation entre le nombre de pauses métacognitives et le résultat global de la DI « La maison volante » 181
Tableau 18. Valeur de R^2 181
Tableau 19. Répartition de l'échantillon par enseignants ... 193
Tableau 20. Répartition de l'échantillon dans les deux options scientifiques 194
Tableau 21. Répartition de l'échantillon selon le genre 194
Tableau 22. Répartition de l'échantillon selon les classes .. 195
Tableau 23. Répartition de l'échantillon en fonction des groupes de recherche 196
Tableau 24. Nombre de résultats valides au test de Stroop au temps 1 de la recherche 201
Tableau 25. Nombre de résultats valides au test de Stroop au temps intermédiaire de la recherche 201
Tableau 26. Nombre de résultats valides au test de Stroop au temps 2 de la recherche 201
Tableau 27. Synthèse des résultats au test de Stroop aux trois temps de la recherche 201
Tableau 28. Synthèse des résultats au test de Stroop aux temps 1 et 2 de la recherche 202
Tableau 29. Moyennes des résultats au CE1D de sciences 206
Tableau 30. Test d'homogénéité des variances des résultats au CE1D de sciences 206
Tableau 31. ANOVA à partir des résultats au CE1D de sciences 207
Tableau 32. Moyennes au CCTT au prétest 208
Tableau 33. Test d'homogénéité des variances 208
Tableau 34. ANOVA à partir des résultats au CCTT en prétest 208
Tableau 35. Moyenne des résultats au test de Stroop en prétest 210
Tableau 36. Test d'homogénéité des variances 210
Tableau 37. ANOVA à partir des résultats au Stroop en prétest 210
Tableau 38. Tests des effets intrasujets - CCTT 215

Tableau 39. Comparaisons appariées - CCTT 216
Tableau 40. Comparaisons appariées - CCTT 216
Tableau 41. Statistique descriptive des résultats au CCTT 217
Tableau 42. Tests des effets intrasujets - Dimension « Induction » 222
Tableau 43. Comparaisons appariées - Dimension « Induction » 223
Tableau 44. Comparaisons appariées - Dimension « Induction » 223
Tableau 45. Tests des effets intrasujets - Dimension « Déduction » 224
Tableau 46. Comparaisons appariées - Dimension « Déduction » 225
Tableau 47. Comparaisons appariées - Dimension « Déduction » 225
Tableau 48. Tests des effets intrasujets - Dimensions « Observation » et « Crédibilité » 226
Tableau 49. Comparaisons appariées - Dimensions « Observation » et « Crédibilité » 227
Tableau 50. Comparaisons appariées - Dimensions « Observation » et « Crédibilité » 227
Tableau 51. Tests des effets intrasujets - Dimension « Hypothèse » 228
Tableau 52. Comparaisons appariées - Dimension « Hypothèse » 229
Tableau 53. Comparaisons appariées - Dimension « Hypothèse » 229
Tableau 54. Tests des effets intrasujets - Test de Stroop .. 235
Tableau 55. Comparaisons appariées - Test de Stroop 236
Tableau 56. Comparaisons appariées - Test de Stroop 236
Tableau 57. Comparaison des moyennes au test de Stroop en pré- et post-test 238
Tableau 58. Test t des échantillons appariés 238
Tableau 59. Données des élèves emblématiques 268
Tableau 60. Représentations lors de la phase d'émission d'hypothèses 269
Tableau 61. Représentations lors de phase d'interprétation 270

Tableau 62. Comparaison des valeurs de l'échantillon de l'étude 1 à la population d'enseignants en FWB (par province) 460
Tableau 63. Comparaison des valeurs de l'échantillon de l'étude 1 à la population d'enseignants en FWB (par ancienneté) 460
Tableau 64. Test de Shapiro-Wilk pour le sous-groupe de l'option scientifique 467
Tableau 65. Détermination de la vérification de la condition de normalité en fonction du nombre d'élèves par sous-groupe d'option scientifique 469
Tableau 66. Test statistique à appliquer en fonction des sous-groupes de l'option scientifique 471
Tableau 67. Détermination de la vérification de la condition de normalité en fonction du nombre d'élèves par sous-groupe de performance au CCTT en prétest 472
Tableau 68. Test statistique à appliquer en fonction des sous-groupes de performance au CCTT en prétest 474
Tableau 69. Test de Shapiro-Wilk pour le sous-groupe de performance au CCTT en prétest 475
Tableau 70. Détermination de la vérification de la condition de normalité en fonction du nombre d'élèves par sous-groupe de performance au CE1D 479
Tableau 71. Test statistique à appliquer en fonction des sous-groupes de performance au CE1D 481
Tableau 72. Test de Shapiro-Wilk pour le sous-groupe de performance au CE1D 482
Tableau 73. Test t des échantillons appariés entre le prétest et le post-test pour le sous-groupe de l'option scientifique 485
Tableau 74. Statistiques descriptives des moyennes au prétest et au post-test pour le sous-groupe de performance au CCTT en prétest 487
Tableau 75. Test t des échantillons appariés entre le prétest et le post-test pour le sous-groupe de performance au CCTT en prétest 491
Tableau 76. Test de Wilcoxon entre le prétest et le post-test pour le sous-groupe de performance au CCTT en prétest .. 493

Tableau 77. Statistiques descriptives des moyennes au prétest et au post-test pour le sous-groupe de performance au CE1D 502
Tableau 78. Test t des échantillons appariés entre le prétest et le post-test pour le sous-groupe de performance au CE1D 507
Tableau 79. Test de Wilcoxon entre le prétest et le post-test pour le sous-groupe de performance au CE1D..... 508
Tableau 80. Test de corrélation de Pearson entre les variables à priori 522
Tableau 81.Test de corrélation de Pearson entre les variables et les sous-compétences du CCTT à priori..... 524

Table des figures

Table des figures

Figure 1. La démarche de recherche en classe (Hypothèse asbl, 2023) 65
Figure 2. Modèle de la DI appliquée durant la recherche 67
Figure 3. Les trois systèmes cognitifs (Houdé, 2019a) 93
Figure 4. Modèle de l'imbrication des concepts 97
Figure 5. Modèle opératoire du dispositif 98
Figure 6. Documents de collecte de traces écrites durant les pauses métacognitives – Première version 120
Figure 7. Documents de collecte de traces écrites durant les pauses métacognitives – Deuxième version 122
Figure 8. Documents de collecte de traces écrites durant les pauses métacognitives – Troisième version 124
Figure 9. Documents de collecte de traces écrites durant les pauses métacognitives lors de l'étude 3 – Quatrième version 125
Figure 10. Affiche présentée aux élèves pour débuter la pause métacognitive 126
Figure 11. Illustration de la page d'introduction de la situation-problème « La maison volante » 129
Figure 12. Illustration de l'expérience présentée aux élèves 137
Figure 13. Facteurs favorables au développement de la pensée critique (en pourcentage explicatif) 152
Figure 14. Facteurs défavorables au développement de la pensée critique (en pourcentage explicatif) 153
Figure 15. Les dix capacités les plus pratiquées pour développer la pensée critique par l'ensemble des enseignants (en pourcentage de représentativité parmi les 10 capacités) 155
Figure 16.Les dix capacités les plus pratiquées pour développer la pensée critique par les enseignants en sciences (en pourcentage de représentativité parmi les 10 capacités) 158
Figure 17. Les dix capacités estimées les plus importantes pour développer la pensée critique par l'ensemble des

enseignants (en pourcentage de représentativité parmi les 10 capacités) 160
Figure 18. Les dix capacités estimées les plus importantes pour développer la pensée critique par les enseignants en sciences (en pourcentage de représentativité parmi les 10 capacités) 162
Figure 19. : Les étapes de la DI et l'introduction des pauses métacognitives choisies 173
Figure 20. Pictogramme symbolisant la mise en place d'une pause métacognitive. Source : Pixabay. 174
Figure 21. Régression linéaire présentant les résultats de la DI de transfert « La maison volante » en lien avec le nombre de pauses métacognitives 182
Figure 22. Trace écrite lors de la troisième pause métacognitive « La poussée d'Archimède est une force exercée par l'eau vers le haut » 184
Figure 23. Trace écrite lors de la cinquième pause métacognitive « Hypothèse : l'eau va déborder car l'objet va prendre trop de place dans l'eau et va pousser l'eau vers le haut (car il est plus lourd ?) » 184
Figure 24. Trace écrite lors de la septième pause métacognitive « La poussée d'Archimède est une force exercée par des fluides vers le haut sur un objet dans un fluide. $F_A = P_{réel} - P_{apparent}$ » 184
Figure 25. Trace écrite lors de la septième pause métacognitive « Je pense que le type de fluide peut faire varier la poussée d'Archimède et je pense que le poids réel peut faire varier la poussée d'Archimède » 185
Figure 26. Répartition de l'échantillon en 4 groupes de recherche 197
Figure 27. Intervalles de confiance des résultats au CE1D en fonction des groupes de recherche 206
Figure 28. Intervalles de confiance des résultats au CCTT en prétest en fonction des groupes de recherche 207
Figure 29. Intervalles de confiance des résultats au test de Stroop en prétest en fonction des groupes de recherche 209
Figure 30. Graphique des moyennes des groupes au CCTT en pré- et post-test 217

Figure 31. Graphique de barres d'erreur pour la différence de résultats entre le post-test et le prétest du CCTT..... 218
Figure 32. Graphique de barres d'erreur pour la différence de résultats entre le post-test et le prétest du CCTT, pour les groupes 2, 3 et 4..... 221
Figure 33. Évolution des moyennes de la dimension « Induction » au cours du dispositif..... 224
Figure 34. Évolution des moyennes de la dimension « Déduction » au cours du dispositif..... 226
Figure 35. Évolution des moyennes des dimensions « Observation » et « Crédibilité » au cours du dispositif..... 228
Figure 36. Évolution des moyennes de la dimension « Hypothèse » au cours du dispositif..... 230
Figure 37. Évolution des moyennes de la dimension « Déduction » au cours du dispositif pour les groupes 2, 3 et 4..... 231
Figure 38. Évolution des moyennes au test des Stroop au cours du dispositif en fonction des groupes de recherche..... 237
Figure 39. Graphique de l'évolution des moyennes des résultats au test de Stroop..... 238
Figure 40. Traces réalisées par Marc lors de la situation-problème n°3..... 270
Figure 41.Traces réalisées par Marc lors de la situation-problème n°4..... 271
Figure 42. Traces réalisées par Marc lors de la situation-problème n°5..... 271
Figure 43. Modèle opératoire du dispositif..... 314
Figure 44. Analyse graphique de la normalité des résultats au test de Stroop dans le groupe 1 (C), sous-groupe du genre "fille"..... 463
Figure 45.Analyse graphique de la normalité des résultats au test de Stroop dans le groupe 1 (C), sous-groupe du genre « garçon »..... 464
Figure 46. Analyse graphique de la normalité des résultats au test de Stroop dans le groupe 2 (CI), sous-groupe du genre « fille »..... 464
Figure 47. Analyse graphique de la normalité des résultats au CCTT dans le groupe 2 (CI), sous-groupe du genre « garçon »..... 465

Figure 48. Analyse graphique de la normalité des résultats de la sous-compétence « induction » dans le groupe 2 (CI), sous-groupe du genre « garçon » 465
Figure 49. Analyse graphique de la normalité des résultats de la sous-compétence « déduction » dans le groupe 2 (CI), sous-groupe du genre « garçon » 465
Figure 50. Analyse graphique de la normalité des résultats de la sous-compétence « observation » dans le groupe 2 (CI), sous-groupe du genre « garçon » 465
Figure 51. Analyse graphique de la normalité des résultats de la sous-compétence « crédibilité » dans le groupe 2 (CI), sous-groupe du genre « garçon » 466
Figure 52. Analyse graphique de la normalité des résultats de la sous-compétence « hypothèse » dans le groupe 2 (CI), sous-groupe du genre « garçon » 466
Figure 53. Analyse graphique de la normalité des résultats au test de Stroop dans le groupe 2 (CI), sous-groupe du genre « garçon » 466
Figure 54. Analyse graphique de la normalité des résultats au test de Stroop dans le groupe 3 (M), sous-groupe du genre « garçon » 467
Figure 55. Analyse graphique de la normalité des résultats au test de Stroop dans le groupe 1 (C), sous-groupe de l'option scientifique "sciences générales" 469
Figure 56. Analyse graphique de la normalité des résultats à la sous-compétences « Induction » dans le groupe 2 (CI), sous-groupe de l'option scientifique « sciences générales » 470
Figure 57. Analyse graphique de la normalité des résultats au test de Stroop dans le groupe 4 (M+CI), sous-groupe de l'option scientifique « sciences de base » 471
Figure 58. Analyse graphique de la normalité des résultats au test de Stroop dans le groupe 4 (M+CI), sous-groupe de performance au CCTT en prétest « élèves performant le moins bien » 473

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Abrami, P., Bernard, R., Borokhovski, E., Wade, A., Surkes, M., Tamim, R. et Zhang, D. (2008). Instructional Interventions Affecting Critical Thinking Skills and Dispositions: A Stage 1 Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, *78*(4), 1102-1134. https://doi.org/10.3102/0034654308326084

Abrami, P., Bernard, R., Borokhovski, E., Waddington, D., Wade, A. et Persson, T. (2015). Strategies for Teaching Students to Think Critically: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, *85*(2), 275-314. https://doi.org/10.3102/0034654314551063

Académie de Paris. (2023). Enseignement explicite. https://pia.ac-paris.fr/portail/jcms/p2_3147679/livret-enseignement-explicite

Aïte, A., Berthoz, A., Vidal, J., Roëll, M., Zaoui, M., Houdé, O. et Borst, G. (2016). Taking a Third-Person Perspective Requires Inhibitory Control: Evidence From a Developmental Negative Priming Study. *Child development*, *87*(6), 1825-1840. https://doi.org/DOI: 10.1111/cdev.12558

Allard-Huver, F. (2019). Fake news. https://hal.science/hal-02456608/file/FakeNews_allardhuver_auteur.pdf

Allix, P., Lubin, A., Lanoë, C., et Rossi, S. (2022). Connais-toi toi-même : Une perspective globale de la métacognition. *Psychologie française*. https://doi.org/10.1016/j.psfr.2022.08.002

American Psychological Association. (2018). Critical Thinking. In *APA Dictionary of Psychology*. https://dictionary.apa.org/critical-thinking

Arnsten, A. F. T. (2009). Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function. *Nature Reviews Neuroscience*, *10*(6), 410-422. https://doi.org/doi:10.1038/nrn2648

Astolfi, J.-P. (1984). L'analyse des représentations des élèves en sciences expérimentales. *Revue française de pédagogie*, *68*, 15-25. https://doi.org/10.3406/rfp.1984.1563

Astolfi, J.-P. (1990). Les concepts de la didactique des sciences, des outils pour lire et construire les situations d'apprentissage. *Recherche et Formation*, (8), 19-31. https://doi.org/10.3406/refor.1990.1021

Attali, G., Bidar, A., Caroti, D. et Coutouly, R. (2019). *Esprit critique Outils et méthodes pour le second degré*. Canopé Éditions.

Ayrinhac, M. et Bru, A. (2019). *Les conceptions initiales des élèves en sciences* [mémoire, Université Toulouse Jean Jaurès]. https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02570848v1

Babii, A.-N. et Neculau, B.-C. (2019). Critical Thinking in the Contemporary Education: A Historical Approach. *Meta: Research in Hermeneutics, Phenomenology, and Practical Philosophy*, *11*(2), 782-791.

Bächtold, M. (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. Tréma, (38), 6-39. https://doi.org/10.4000/trema.2817

Bächtold, M. (2021). *L'esprit critique et l'enseignement des sciences : Quels en sont les contours et quelles stratégies didactiques pour le développer ?* [Conférence]. Le printemps de la recherche en éducation. https://www.youtube.com/watch?v=dV3klV1IyqU

Bächtold, M. (2024). Pourquoi et comment introduire l'histoire des sciences dans l'enseignement scientifique ? Une tentative de mise en perspective des contributions de l'ouvrage. Dans L. Maurine et C. Bracco (dir.), *Apprendre et penser les sciences dans l'enseignement et la formation scientifique Vers une interdisciplinarité didactique – histoire des sciences – épistémologie* (p. 209-226). MSH Paris-Saclay Éditions.

Baele, M. (2023). Plus critiques ou plus crédules, les « Zoomers »? La génération Z parle de sciences. (nº 7/20) [podcast]. Dans *ZOOMER ! La génération Z au micro*. https://auvio.rtbf.be/media/zoomer-3013490#

Barbier, C. (2024). Développer l'esprit critique des élèves : analyse des conceptions, des pratiques déclarées et des choix de ressources d'enseignants de collège [thèse]. Université Paris Cité.

Barbier, E., Dewulf-Termolle, J., et Colognesi, S. (2024). *Évolution des connaissances et des croyances relatives à la métacognition de futurs enseignants du secondaire*. https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal%3A281239/datastream/PDF_01/view

Barma, S. (2007). Enseigner les sciences pour développer la pensée critique. Dans *Regards multiples sur l'enseignement des sciences* (Éditions Multimondes, p. 35-48). https://www.researchgate.net/profile/Patrice-Potvin/publication/344073491_Regards_multiples_sur_l'enseignement_des_sciences/links/5f510af5a6fdcc9879c7245b/Regards-multiples-sur-lenseignement-des-sciences.pdf#page=50

Berger, J.-L., Kipfer, N. et Büchel, F. (2012). Des effets d'un entrainement métacognitif sur les stratégies et les performances en compréhension de texte chez des adolescents présentant de sévères difficultés d'apprentissage. Nouveaux cahiers de la recherche en éducation, 15(2), 119-146. https://doi.org/10.7202/1018459ar

Bergeron, G., Houde, G. B., Prud'homme, L. et Abat-Roy, V. (2021). Le sens accordé à la différenciation pédagogique par des enseignants du secondaire : quels constats pour le projet inclusif ? *Éducation et socialisation*, (59). https://doi.org/10.4000/edso.13814

Bernard, M.-C., Fortin, C., Panissal, N. et Pautal, E. (2021). Pensée critique dans l'enseignement des sciences du vivant. *Après les 10e rencontres scientifiques… Actualité des recherches en didactique des sciences et des technologies*. 85-100.

Berton, B. (2018). Le dialogue socratique : un genre de référence de pratiques orales philosophiques à l'école primaire ? *Recherches en éducation*, *32*, 153-165. https://doi.org/10.4000/ree.2358

Bibauw, S. (2024). *Apprendre les langues à l'ère de ChatGPT Quels rôles pour l'apprenant, l'enseignant et l'IA ?* [présentation de colloque]. Présentation de colloque communication présentée au Colloque international [Retour] du Sujet et du Sens en Didactique des langues étrangères. http://hdl.handle.net/2078.1/291931

Bilotserkovets, M., Lushchyk, Y., Fomenko, T., et Klochkova, T. (2023). Encouraging Students' Critical Thinking Skills in the Midst of Information Wars. *Tréma*, *60*, 1-13. https://doi.org/10.4000/trema.8565

Bissonnette, S. (2022). Comment la théorie de la charge cognitive impacte l'enseignement ? *Résonances*, *5*, 42-43.

Blanchard, M., Southerland, S., Osborne, J., Sampson, V., Annetta, L. et Granger, E. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, *94*(4), 577-616. https://doi.org/DOI 10.1002/sce.20390

Blaser, C. (2007). *Fonction épistémique de l'écrit: pratiques et conceptions d'enseignants de sciences et d'histoire du secondaire* [thèse, Université Laval]. https://dam-oclc.bac-lac.gc.ca/download?is_thesis=1etoclc_number=1032878636etid=f89e4a64-9e72-486b-8b01-1cb2b3a1246eetfileName=24480_1.pdf

Boilevin, J.-M. (2013a). La place des démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences. Dans *Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation* (Presses universitaires de Grenoble, p. 27-53).

Boilevin, J.-M. (2013b). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants. Regards didactiques.* De Boeck.

Boilevin, J.-M., Brandt-Pomares, P., Givry, D. et Pedregosa, A. (2012). L'enseignement des sciences et de la technologie fondé sur l'investigation: étude d'un dispositif collaboratif entre enseignants de collège et chercheurs en didactique. Dans B. Calmettes (dir.), *Didactique des sciences et démarches d'investigation: références, représentations, pratiques et formation* (p. 241-259). l'Harmattan.

Boisvert, J. (1999). *La formation de la pensée critique. Théorie et pratique* (Éditions du Renouveau pédagogique).

Boisvert, J. (2000). Le développement de la pensée critique au collégial : Étude de cas sur un groupe classe en psychologie. *Revue des sciences de l'éducation*, *26*(3), 601-624. https://doi.org/10.7202/000292ar

Boisvert, J. (2015). Pensée critique : Définition, illustration, applications. *Revue québécoise de psychologie*, *36*(1), 3-33.

Bouletreau, A., Chouanière, D., Wild, P. et Fontana, J.-M. (1999). Concevoir, traduire et valider un questionnaire A propos d'un exemple, EUROQUEST. INRS. https://www.google.be/url?sa=tetrct=jetq=etesrc=setsource=webetcd=1etved=2ahUKEwjvvd31mannAhVQDOwKHalmAKwQFjAAegQIBBABeturl=http%3A%2F%2Fwww.inrs.fr%2Fdms%2Finrs%2FPublication%2FB-5-2-040-3566-01%2Fns178.pdfetusg=AOvVaw3QCzESUHWUb7ADKzdFGLBV

Bourgeois, C. et Ntebutse, J. G. (2021). Le transfert des apprentissages induits par les usages numériques extrascolaires des adolescents vers le contexte scolaire : un état des lieux pour le cas de la discipline du français. McGill Journal of Education / Revue des sciences de l'éducation de McGill, 56(1), 128-148. https://doi.org/10.7202/1087052ar

Borst, G., Poirel, N., Pineau, A., Cassotti, M., et Houdé, O. (2012). Inhibitory Control Efficiency in a Piaget-Like Class-Inclusion Task in School-Age Children and Adults: A

Developmental Negative Priming Study. *Developmental Psychology*, *49*(7), 1366-1374. https://doi.org/10.1037/a0029622

Brault Foisy, L.-M., Potvin, P., Riopel, M. et Masson, S. (2015). Is inhibition involved in overcoming a common physics misconception in mechanics? *Trends in Neuroscience and Education*, *4*, 26-36. http://dx.doi.org/10.1016/j.tine.2015.03.001

Bressoux, P. (2022). L'enseignement explicite: de quoi s'agit-il, pourquoi ça marche et dans quelles conditions? Ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse. https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nationale/CSEN_Synthese_enseignement-explicite_juin2022.pdf

Bronner, G. (2024). Gérald Bronner : «Pour lutter contre le complotisme, mieux vaut l'esprit critique que la censure». *Le Figaro TV*. https://video.lefigaro.fr/figaro/video/gerald-bronner-pour-lutter-contre-le-complotisme-mieux-vaut-lesprit-critique-que-la-censure/

Bronner, G. (2025).*Développer son esprit critique face au monde de la désinformation* [conférence]. https://www.youtube.com/watch?v=kjy0MHg-ZjU

Broyon, M. A. (2006). Métacognition, cultures et pensée réflexive : Applications de la recherche dans la formation des enseignants. *Formation et pratiques d'enseignement en questions*, *4*, 105-119.

Bruner, J. S. (2000). Piaget et Vygotsky. Célébrons la divergence. Dans O. Houdé et C. Meljac (dir.), *L'esprit piagétien* (p. 237-253). Presses universitaires de France. https://www.cairn.info/l-esprit-piagetien--9782130508922-page-237.htm

Buchsbaum, B., Greer, S., Chang, W.-L. et Berman, K. F. (2005). Meta-Analysis of Neuroimaging Studies of the Wisconsin Card-Sorting Task and Component Processes. *Human Brain Mapping*, *25*, 35-45. https://doi.org/DOI: 10.1002/hbm.20128

Calmettes, B. (2012). *Didactique des sciences et démarches d'investigation : références, représentations, pratiques et formation*. L'Harmattan.

Calmettes, B. et Boilevin, J.-M. (2014). Le modèle « investigation-structuration » et l'actualité des tensions autour des constructivismes. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (9), 103-128. https://doi.org/10.4000/rdst.856

Cananau, I., Edling, S. et Haglund, B. (2025). Critical thinking in preparation for student teachers' professional practice: A case study of critical thinking conceptions in policy documents framing teaching placement at a Swedish university. *Teaching and Teacher Education*, (153). https://doi.org/10.1016/j.tate.2024.104816

Capo Di Fero De Montarsolo, A. et Roux, E. (2013). *Comment faire évoluer les conceptions des élèves? Les températures de changement d'état de l'eau au cycle 3* [mémoire, Université Joseph Fourier Grenoble]. https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00968167v1

Cariou, J.-Y. (2007). Un projet pour faire vivre des démarches expérimentales. Delagrave Edition.

Cariou, J.-Y. (2009). *Former l'esprit scientifique en privilégiant l'initiative des élèves dans une démarche s'appuyant sur l'épistémologie et l'histoire des sciences* [thèse, Université de Genève]. https://theses.hal.science/tel-00521174/

Cariou, J.-Y. (2010). *Tentative de détermination de l'authenticité des démarches d'investigation*. Actes des journées scientifiques DIES 2010, Lyon (p. 57-66). http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/dies2010/dies-2010-actes-complet.pdf

Cartier, S., Berger, J.-L. et Fagnant, A. (2024). *Apprentissage autorégulé: Formations, pratiques et conceptions des enseignants*. Presses universitaires suisses.

Chairat Roux, S. (2011). Écrire pour apprendre en sciences physiques. Le Français aujourd'hui, (174), 119-128.

Chamak, B. (2018). Neurosciences et sciences cognitives : relations complexes. *Intellectica. Revue de l'Association pour la Recherche Cognitive*, (69), 133-148. https://doi.org/10.3406/intel.2018.1875

Chanquoy, L., Bonnotte, I. et Negro, I. (2018). Apprendre à écrire: un apprentissage long et complexe. Dans L. Ferrand, B. Lété et C. Thevenot (dir.), *Psychologie cognitive des apprentissages scolaires* (p. 107-119). Dunod. https://shs.cairn.info/psychologie-cognitive-des-apprentissages-scolaires--9782100775569-page-107?site_lang=fr

Chartrand, S.-G. et Blaser, C. (2007). Quelles sont les pratiques enseignantes autour de l'écriture en histoire et en sciences ? Enquête dans les classes du secondaire au Québec. *Formation et profession*, *13*(2), 33-36.

Chartrand, S.-G., Blaser, C. et Gagnon, M. (2006). Fonction épistémique de l'écrit et genres disciplinaires Enquête dans les classes d'histoire et de sciences du secondaire québécois. *Revue suisse des sciences de l'éducation*, *28*(2), 275-293.

Chauvigné, C. et Fabre, M. (2021). Questions socialement vives : quelles approches possibles en milieu scolaire ? *Carrefours de l'éducation*, (52), 15-31. https://doi.org/10.3917/cdle.052.0011

Chkair, S. et Wagnon, S. (2023). *Les données probantes et l'éducation*. De Boeck Supérieur.

Collins, A. et Koechlin, E. (2012). Reasoning, Learning, and Creativity: Frontal Lobe Function and Human Decision-Making. *PLoS Biology*, *10*(3), 1-16. https://doi.org/doi:10.1371/journal.pbio.1001293

Colognesi, S. (2015). *Faire évoluer la compétence scripturale des élèves* [Université Catholique de Louvain]. http://hdl.handle.net/2078.1/161327

Colognesi, S. et Lucchini, S. (2016). Le rapport à l'écrit des élèves : focalisation sur la dimension métascripturale. *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, *19*(2), 33-52. https://doi.org/10.7202/1042848ar

Colognesi, S., Piret, C., Demorsy, S., et Barbier, E. (2020). Teaching writing: With or without metacognition? An exploratory study of 11- to 12-year-old students writing a book review. *International Electronic Journal of Elementary Education*, *12*(5), 459-470. https://doi.org/10.26822/iejee.2020562136

Colognesi, S., et Van Nieuwenhoven, C. (2016). La métacognition comme tremplin pour l'apprentissage de l'écriture. Dans B. Noël et S. Cartier (dir.), *De la métacognition à l'apprentissage autorégulé* (p. 111-126). De Boeck Supérieur. https://www.researchgate.net/profile/Stephane-Colognesi/publication/308477665_La_metacognition_comme_tremplin_pour_l'apprenti

ssage_de_l'ecriture/links/5a329bc5458515afb65b2731/La-metacognition-comme-tremplin-pour-lapprentissage-de-lecriture.pdf

Communauté française. Décret définissant les missions prioritaires de l'enseignement fondamental et de l'enseignement secondaire et organisant les structures propres à les atteindre. , nº 21557 (1997). https://gallilex.cfwb.be/textes-normatifs/21557

Communauté française. Décret relatif à l'évaluation externe des acquis des élèves de l'enseignement obligatoire. , 30959 (2006). https://gallilex.cfwb.be/sites/default/files/imports/30959_021.pdf

Conférence intercantonale de l'instruction publique et de la culture de la Suisse romande et du Tessin. (2024). Capacités transversales Formation générale. https://per.ciip.ch/api/files/283

Cospérec, S. (2018). Développer l'esprit critique des élèves ? Un mouvement anglo-saxon, le Critical Thinking. *Revue Skhole.fr*. http://skhole.fr/node/537

Cros, F., de Ketele, J.-M., Dembélé, M., Develay, M., Gauthier, R.-F., Ghriss, N., Lenoir, Y., Murayi, A., Suchaut, B. et Tehio, V. (2009). *Étude sur les réformes curriculaires par l'approche par compétences en Afrique* ([Rapport de recherche]). Centre international d'études pédagogiques. https://shs.hal.science/halshs-00523433v1

CSEN. (2022). Compétences de l'esprit critique. Un référentiel pour l'enseignement de l'esprit critique. https://www.reseau-canope.fr/conseil-scientifique-de-leducation-nationale-site-officiel/groupes-de-travail/gt8-developper-lesprit-critique.html

Dang, J., King, K. M. et Inzlicht, M. (2020). Why Are Self-Report and Behavioral Measures Weakly Correlated? *Trends in Cognitive Sciences*, *24*(4), 267-269.

Daniel, M.-F., Darveau, M., Lafortune, L. et Pallascio, R. (2005). *Pour l'apprentissage d'une pensée critique au primaire*. Presses de l'Université du Québec..

Daro, S. et Hindryckx, M.-N. (2023). Passer de l'évolution de pratiques à l'évolution du discours sur la pratique : analyse de cas dans le cadre d'une recherche collaborative en formation continue d'enseignants. Dans P. Roy, C. Orange, et Hindryckx, Marie-Noëlle (dir.), *Construire et mobiliser des savoirs en éducation scientifique et dans le champ des « Éducations à » au moyen des recherches participatives*. Presses universitaires de Liège. https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/246797/1/articleREF18version%20orbi.pdf

Daro, S., Stouvenakers, N., Graftiau, M.-C. et Hindryckx, M.-N. (2009). *Faire des sciences entre 10 et 14 ans, c'est mener une démarche d'investigation*. Ministère de la Communauté Française Administration Générale de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique. https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/92103/1/Des%20outils%20pour%20favoriser%20une%20continuité%20des%20apprentissages%20en%20mathématiqu%20(ressource%207380).pdf

de Brabandere, L. et Mikolajczak, A. (2024). L'indispensable esprit critique pour déjouer les arguments fallacieux. *La Libre*. https://www.lalibre.be/debats/opinions/2024/08/26/lindispensable-esprit-critique-pour-dejouer-les-arguments-fallacieux-NBSPY5OM6VBVRM37WIASDNPSMA/

De Checchi, K., Barbier, C., et Pallarès, G. (2023). Représentations de l'esprit critique et de son enseignement chez les enseignants en sciences de la vie et de la Terre en formation

initiale. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, *28*, 49-74. https://doi.org/10.4000/rdst.5121

Dehaene, S. (2012). Les grands principes de l'apprentissage. https://www.college-de-france.fr/agenda/colloque/sciences-cognitives-et-education/les-grands-principes-de-apprentissage

Dehon, A. et Derobertmasure, A. (2016). Évaluer les représentations des apprenants en sciences : application d'une méthode d'analyse. *Évaluer. Journal international de Recherche en Éducation et Formation, 2*(2), 27-44. https://doi.org/10.48782/9w6bam80

De Kesel, M. et Plumat, J. (2015). Donner du sens aux savoirs en biologie, en chimie et en physique. Dans J.-L. Dufays, M. De Kesel, G. Carlier et J. Plumat (dir.), *Donner du sens aux savoirs* (p. 25-37). Presses universitaires de Louvain. https://books.openedition.org/pucl/9467

Delalande, L. (2018). Étude des effets de l'entrainement du contrôle inhibiteur sur le développement cognitif et les apprentissages scolaires chez l'enfant: étude comportementale et en IRM. [thèse]. Université Paris Descartes.

Dellisse, S., Branka, C. et Dupriez, V. (2020). *Les communautés d'apprentissage professionnelles* [Rapport de recherche dans le cadre des travaux du Pacte pour un enseignement d'excellence]. Fédération Wallonie-Bruxelles. https://pactepourunenseignementdexcellence.cfwb.be/wp-content/uploads/2024/03/MNRapport-Recherche-Comite-scientifique_CAPs_UCL.pdf

Delors, J. (1999). *L'éducation : Un trésor est caché dedans* (p. 289). UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000115930

Department for Education. (2013). The national curriculum in England Key stages 1 and 2 framework document. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a81a9abe5274a2e8ab55319/PRIMARY_national_curriculum.pdf

Demirhan, E., et Köklükaya, N. (2014). The Critical Thinking Dispositions of Prospective Science Teachers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *116*, 1551-1555. https://doi.org/doi:10.1016/j.sbspro.2014.01.433

De Vecchi, G. (2017). *Former l'esprit critique 1. Pour une pensée libre*. ESF Sciences humaines.

De Vecchi, G. et Carmona-Magnaldi, N. (1996). Faire construire des savoirs. Hachette Éducation.

Develay, M. (2013). La pédagogie coopérative : oui, si… Ou le point de vue d'un didacticien [Cahiers pédagogiques]. https://www.cahiers-pedagogiques.com/la-pedagogie-cooperative%E2%80%89-oui-si-ou-le-point-de-vue-d-un-didacticien/

Deville, Y., Baguet, M., de Marneffe, M.-C., Demoulin, J.-B., Descampe, A., Meunier, F., Parmentier, P., Raucent, B., Strowel, A., Vande Kerckhove, C. et Vangrunderbeeck, P. (2024). *Utilisation Responsable de l'Intelligence Artificielle Générative*. Université Catholique de Louvain. https://oer.uclouvain.be/jspui/handle/20.500.12279/1079

Dhyne, M. et Plumat, J. (2025). *L'IA au service des stagiaires et formateurs pour évaluer et améliorer les préparations de cours*. CIFEM'2024. https://doi.org/10.1051/shsconf/202521401008

Diamond, A. (2012). Activities and Programs That Improve Children's Executive Functions. *Association for psychological science*, *21*(5), 335-341. https://doi.org/10.1177/0963721412453722

Diamond, A. (2013a). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, (64), 135-168. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750

Diamond, A. (2013b). Want to optimize executive functions and academic outcomes? Dans P. D. Zelazo et M. D. Sera (dir.), *Minnesota Symposia on Child Psychology: Developing cognitive control processes: mechanisms, implications, and interventions* (vol. 37, p. 205-232). John Wiley et Sons, Inc.

Direction de l'Enseignement Secondaire. (2025). Programme Sciences 1re année de l'enseignement secondaire Tronc commun. Enseignement Catholique Secondaire.

Djumanova, B. (2021). Enhancing critical thinking of students in curriculum. *Academic research in educational sciences*, *2*(2), 1007-1011.

Domenjoz, J.-C. (2018). La nécessité de l'éducation aux médias démontrée par un film documentaire [WordPress]. *Éducation aux médias et à l'information*. https://educationauxmedias.ch/necessite-de-education-aux-medias-demontree-par-un-film-documentaire/

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. et Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational researcher*, *23*(7), 5-12.

Dumez, H. (2023). Réflexions sur l'étude de cas (explorer, écrire, théoriser). Recherches qualitatives, (28), 70-80.

Eccles, J. (1983). Expectancies, Values, ans Academic Behaviors. Dans Achievement and Achievement Motives (p. 75-146). W. H. Freeman and Company.

Eccles, J. et Wigfield, A. (2002). Motivational Beliefs, Values, and Goals. Annual Review of Psychology, 53(1), 109-132. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153

Efklides, A. (2008). Metacognition Defining Its Facets and Levels of Functioning in Relation to Self-Regulation and Co-regulation. *European Psychologist*, *13*(4), 277-287. https://doi.org/10.1027/1016-9040.13.4.277

Ennis, R. (1996). Critical Thinking Dispositions: Their Nature and Assessability. *Informal Logic*, *18*(2 et 3), 165-182. https://doi.org/10.22329/il.v18i2.2378

Ennis, R. (2015). The Nature of Critical Thinking: Outlines of General Critical Thinking Dispositions and Abilities. http://criticalthinking.net/wp-content/uploads/2018/01/The-Nature-of-Critical-Thinking.pdf

Ennis, R., Millman, J. et Tomko, T. (2005). *Cornell Critical Thinking Tests Level X et Level Z Manual (5th edition)* (5e édition). The Critical Thinking Company.

Ennis, R. et Weir, E. (1985). *The Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test*. Midwest Publications.

Escorcia, D. et Fenouillet, F. (2018). Connaissances métacognitives et stratégies d'autorégulation impliquées dans la révision de textes : construction et validation d'un instrument autorapporté. *Mesure et évaluation en éducation*, *41*(2), 1-36. https://doi.org/10.7202/1059171ar

European Commission. (2025). *Critical thinking in education*. European Commission. https://school-education.ec.europa.eu/en/discover/news/critical-thinking-education?prefLang=fr

European Parliament. (2025). *Meta's recent decision to end fact-checking on Facebook, Instagram and WhatsApp in the United States*. Parliamentary question. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-10-2025-000423_EN.html

Facione, P. (1990a). *Critical Thinking: A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction. Research Findings and Recommendations.* (ED315423; p. 112). American Philosophical Association. https://philarchive.org/archive/FACCTA

Facione, P. (1990b). *The California Critical Thinking Skills Test - College Level. Technical Report #1. Experimental Validation and Content Validity.* (nº ED 327 549). Santa Clara University.

Fahim, M. et Eslamdoost, S. (2014). Critical Thinking: Frameworks and Models for Teaching. *English Language Teaching*, *7*(7), 141-151. http://dx.doi.org/10.5539/elt.v7n7p141

Faqir, L., Amzil, N., et El Haddad, M. (2023). L'importance des soft-skills dans le développement des capacités entrepreneuriales. *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*, *4*(2-2), 259-271. https://doi.org/10.5281/zenodo.7826159

Fastrez, P. et Philippette, T. (2017). Un modèle pour repenser l'éducation critique aux médias à l'ère du numérique. *tic et société*, *11*(1), 85-110. https://doi.org/10.4000/ticetsociete.2266

Farina, M. et Pasquinelli, E. (2019). Les sciences cognitives et l'éducation de l'esprit critique: voies croisées. *Union rationaliste*, *2*(210), 25-35. https://doi.org/10.3917/rpre.210.0025

Fayol, M. (2007). *La production de textes et son apprentissage*. Les journées de l'ONL, Écrire des textes, l'apprentissage et le plaisir (p. 21-34). https://pedagogie-nord.ac-lille.fr/docuweb/formation-francais-59/docs/3PE-11-ONLEcrireTextesApprentissagePlaisirFayol.pdf

Fédération de l'enseignement secondaire catholique. (2014a). *Programme Sciences de base Deuxième degré*. Enseignement Catholique Secondaire. http://admin.segec.be/documents/7411.pdf

Fédération de l'enseignement secondaire catholique. (2014b). *Programme Sciences générales Deuxième degré*. Enseignement Catholique Secondaire. http://admin.segec.be/documents/7412.pdf

Fédération Wallonie-Bruxelles. (s. d.a). *Formes et degrés de l'enseignement secondaire ordinaire de plein exercice*. Enseignement.be. http://www.enseignement.be/index.php?page=24547etnavi=45

Fédération Wallonie-Bruxelles. (s. d.b). *Le Pacte c'est quoi?* Pacte pour un Enseignement d'excellence. https://pactepourunenseignementdexcellence.cfwb.be/le-pacte-2/

Fédération Wallonie-Bruxelles. (2013). *Socles de compétences*. Fédération Wallonie-Bruxelles.

Fédération Wallonie-Bruxelles. (2019). Code de l'enseignement fondamental et de l'enseignement secondaire. , nº 49466. https://gallilex.cfwb.be/textes-normatifs/49466

Fédération Wallonie-Bruxelles. (2022). *Référentiel de sciences Tronc commun*. https://ifpc.cfwb.be/v5/documents/tc/refSCIENCES.pdf

Field, A. (2024). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics* (6e éd.). Sage.

Fillon, P. et Vérin, A. (2001). Écrire pour comprendre les sciences. *Aster*, (33), 3-16. https://doi.org/doi%2520:%252010.4267/2042/8774

Fischer, S., Spiker, A., et Riedel, S. (2009). *Critical thinking training for army officers volume two: A model of critical thinking* (1882; p. 106). U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences. https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA494959.pdf

Fournier, T. (2013). Représentation ou conception ? Une réflexion sur l'emploi du terme en sciences de l'éducation. https://www.academia.edu

Fraser, B. J. (1979). *Test of Enquiry skills (and) handbook*. Australian Council for Educational Research.

Frenay, M. et Bédard, D. (2011). Le transfert des apprentissages. Dans E. Bourgeois (dir.), *Apprendre et faire apprendre* (p. 125-137). Presses universitaires de France. https://www.cairn.info/apprendre-et-faire-apprendre--9782130583912-page-125.htm

Frenkel, S., et Déforge, H. (2014). Métacognition et réussite scolaire : Perspectives théoriques. In *Psychologie, éducation et vie scolaire* (Publibook Université, p. 87-113). https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/159028/1/2014-12%20Chap%20Métacognition%20et%20réussite%20scolaire%20Perspectives%20Théoriques%20-%20S.%20Frenkel%20%26%20H.%20Déforge.pdf

Gagnon, M. (2008). *Étude sur la transversalité de la pensée critique comme compétence en éducation: entre" science et technologie", histoire et philosophie au secondaire.* [thèse, Université Laval]. https://library-archives.canada.ca/eng/services/services-libraries/theses/Pages/item.aspx?idNumber=1032877999

Gagnon, M. (2010). Regards sur les pratiques critiques manifestées par des élèves du secondaire dans le cadre d'une réflexion éthique menée en îlot interdisciplinaire de rationalité. *McGill Journal of Education Revue des sciences de l'éducation de McGill*, *45*(3), 463-494. https://doi.org/10.7202/1003573ar

Gagnon, M. (2012). Étude sur la transversalité des pratiques critiques d'adolescents québécois dans le cadre de leurs cours de sciences, d'histoire et d'éthique. *Revue suisse des sciences de l'éducation*, *34*(3), 551-573.

Gagnon, M. (2014). *Favoriser l'émergence d'une pensée critique par la pratique du dialogue philosophique : Quels dispositifs pour le développement de métaconnaissances? Entre-vues. Pédagogie de la morale et de la philosophie.*, 1-13.

Galand, B. et Vanlede, M. (2004). Le sentiment d'efficacité personnelle dans l'apprentissage et la formation : quel rôle joue-t-il ? D'où vient-il ? Comment intervenir ? *Savoirs*, *Hors-série*(5), 91-116. https://doi.org/10.3917/savo.hs01.0091

Galindo-Domínguez, H., Bezanilla, M.-J., Campo, L., Fernández-Nogueira, D. et Poblete, M. (2023). A teachers' based approach to assessing the perception of critical thinking in Education university students based on their age and gender. *Frontiers in Education*, *8*. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1127705

Gaudreau, J. (2019). Les pratiques pédagogiques (socio)constructivistes de découverte guidée en tant que dépassement d'une dichotomie centenaire. *Canadian Journal for New Scholars in Education*, *10*(1), 107-122.

Gerlich, M. (2025). AI Tools in Society: Impacts on Cognitive Offloading and the Future of Critical Thinking. *Societies*, *15*(1). https:// doi.org/10.3390/soc15010006

Gilbert-Trudel, M. (2024). La pensée critique: une compétence indispensable pour contrer les infox. *Revue Performa*, (2), 18-23.

Giordan, A. (1999). Une didactique pour les sciences expérimentales. Belin.

Giordan, A. et De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques* (1ère). Delachaux et Niestlé.

Grangeat, M. (1999). Processus métacognitifs et différenciation pédagogique. Dans C. Depover et B. Noël (dir.), *L'évaluation des compétences et des processus cognitifs, modèles, pratiques et contextes* (p. 115-127). De Boeck.

Gremaud, B., Letouzey-Pasquier, J., Roy, P., et Mauron. (2022). Problématiser et modéliser pour appréhender le chocolat comme objet d'investigation complexe à l'école maternelle. *Questions Vives*, *37*, 1-23. https://doi.org/10.4000/questionsvives.6748

Guo, L., et Wang, J. (2021). Relationships between teacher autonomy, collaboration, and critical thinking focused instruction: A cross-national study. *International Journal of Educational Research*, *106*, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101730

Guyot-Rouge, G., et Moyon, M. (2022). Optimiser la pensée critique au premier cycle universitaire. *Agir ensemble dans l'enseignement supérieur*, 1-9. https://hal.science/hal-04210924

Halpern, D. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains: Disposition, skills, structure training, and metacognitive monitoring. *American Psychologist*, *53*(4), 449-455. https://doi.org/10.1037/0003-066X.53.4.449

Hartman, H. (1998). Metacognition in teaching and learning: An introduction. *Instructional Science*, *26*(1/2), 1-3.

Hattie, J. A. C. (2009). *Visible Learning A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.

Hessels-Schlatter, C., Hessels, M., et Brandon, S. (2021). Cognition, métacognition, éducation : L'approche intégrative de l'Atelier d'Apprentissage. *Raisons éducatives*, *1*(25), 289-311. https://doi.org/10.3917/raised.025.0289

Houart, M. (2017). L'apprentissage autorégulé : quand la métacognition orchestre motivation, volition et cognition. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, *33*(2), 1-22. https://doi.org/10.4000/ripes.1246

Houdé, O. (2019a). *Apprendre à résister Pour l'école, contre la terreur* (2e éd.). Le Pommier.

Houdé, O. (2019b). *L'école du cerveau de Montessori, Freinet et Piaget aux sciences cognitives*. Mardaga.

Houdé, O., et Borst, G. (2022). *Le cerveau et les apprentissages*. Nathan.

Hypothèse asbl. (2023). *Démarche de recherche en classe*. https://hypothèse.be/outils/demarche-de-recherche-en-classe/

IRES de l'Université Paul Sabatier de Toulouse. (2017). *Esprit Critique, Science et médias*. Esprit Critique, Science et médias. https://ires.univ-tlse3.fr/esprit-critique-science-et-medias/

Jackson, S., Kleitman, S. et Aidman, E. (2014). Low Cognitive Load and Reduced Arousal Impede Practice Effects on Executive Functioning, Metacognitive Confidence and Decision Making. *Plos One*, *9*(12). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115689

Jonnaert, P. (2009). *Compétences et socioconstructivisme (2e édition)*. de boeck. https://books.google.be/books?hl=fretlr=etid=9ZAueuSjQekCetoi=fndetpg=PA2etdq=%22Compétences+et+socioconstructivisme+:+Un+cadre+théorique%22etots=NYNDflvkoeetsig=1n2xM-_vA0OkDcqA32K03SstDLY#v=onepageetq=%22Compétences%20et%20socioconstructivisme%20%3A%20Un%20cadre%20théorique%22etf=false

Judd, N. et Klingberg, T. (2021). Training spatial cognition enhances mathematical learning in a randomized study of 17,000 children. *Nature human behaviour*, *5*, 1548-1554. https://doi.org/10.1038/s41562-021-01118-4

Kadrija, R., Gashi Shatri, Z. et Vala Këndusi, V. (2022). Effects of Critical Thinking Implementation on Enhancing of Teaching Quality. *Journal of Educational and Social Research*, *12*(6), 236-245. https://doi.org/10.36941/jesr-2022-0159

Kahneman, D. (2012). *Système 1 Système 2 Les deux vitesses de la pensée*. Flammarion.

Kariger, J. et De Kesel, M. (2023). Analyse de l'influence de pauses métacognitives sur l'évolution de compétences critiques développées dans le cadre de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (28), 75-114. https://doi.org/10.4000/rdst.5166

Kerhom, M. (2016). Qu'est-ce que la pensée critique ? définition et critères. *Diotime*, (69). https://diotime.lafabriquephilosophique.be/numeros/069/013/

Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology*, *55*(4), 352-358.

Krügel, S., Ostermaier, A. et Uhl, M. (2023). ChatGPT's inconsistent moral advice influences users' judgment. *Scientific Reports*, *13*(1), 4569. https://doi.org/10.1038/s41598-023-31341-0

Ku, K. et Ho, I. (2010a). Dispositional factors predicting Chinese students' critical thinking performance. *Personality and Individual Differences*, *48*(1), 54-58. https://doi.org/doi:10.1016/j.paid.2009.08.015

Ku, K., et Ho, I. (2010b). *Metacognitive strategies that enhance critical thinking*. *5*, 251-267. https://doi.org/10.1007/s11409-010-9060-6

Kuhn, D. (1999). A developmental model of critical thinking. *Educational researcher*, *28*(2), 16-46. https://doi.org/10.3102/0013189X028002016

Kumar, R. et Fernandez, D. (2017). Assessing the Effectiveness of Critical Thinking Instruction. *Research Journal of Social Science et Management*, *7*(2), 40-53. https://doi.org/10.1353/JGE.2001.0024

Lafortune, L. et Robertson, A. (2005). Une réflexion portant sur les liens entre émotions et pensée critique. Dans *Pédagogie et psychologie des émotions* (p. 61-86). Presses de l'Université du Québec.

Lai, E. (2011). *Critical Thinking: A Literature Review* ([Pearson's Research Reports]). https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1ettype=pdfetdoi=b42cffa5a2ad63a31fcf99869e7cb8ef72b44374

Larivière, S. (2023). *Étude des conceptions et des stratégies d'enseignement de la pensée critique des personnes enseignantes au programme d'études Techniques d'orthèses visuelles du cégep Édouard- Montpetit [Mémoire]*. https://eduq.info/xmlui/handle/11515/38876

Laugier, A. (2006). Mettre en œuvre la démarche d'investigation: la matérialité de l'air au cycle 3. *Grand N A l'école des sciences*, *1*, 45-64.

Laurent, P. (2020). *Entre pouvoir et vouloir apprendre, évolution des relations entre les fonctions exécutives et l'apprentissage autorégulé de l'enfance à l'adolescence* [thèse, Université Paris Nanterre]. https://theses.hal.science/tel-02929408/

Lechanteur, L. (2022). *Comment l'utilisation d'actions métacognitives avec les élèves au sein de la démarche d'investigation peut-elle leur permettre d'adopter des pratiques métacognitives ?* [travail de fin d'études]. HELMo Sainte-Croix.

Lechasseur, K. (2009). *Mobilisation des savoirs par une pensée critique chez des étudiantes infirmières bachelières en situation de soins*. Université Laval.

Lee, H.-P., Sarkar, A., Tankelevitch, L., Drosos, I., Rintel, S., Banks, R. et Wilson, N. (2025). *The Impact of Generative AI on Critical Thinking: Self-Reported Reductions in Cognitive Effort and Confidence Effects From a Survey of Knowledge Workers*. Yokohama, Japan. ACM, New York, NY, USA (p. 1-22). https://doi.org/10. 1145/3706598.3713778

Legendre, M.-F. (2008). Un regard socioconstructiviste sur la participation des savoirs à la construction du lien social. Éducation et francophonie, 36(2), 63-79. https://doi.org/10.7202/029480ar

Lepage, A. et Roy, N. (2023). Une recension des écrits de 1970 à 2022 sur les rôles de l'enseignant et de l'intelligence artificielle. *Médiations et médiatisations*, (16), 9-30. https://doi.org/10.52358/mm.vi16.304

Lépine, M., Nadeau, A., Gagnon, M., Alexandre, F., et Laurence, S. (2022). Développement de la compétence culturelle et de la pensée critique chez les futures enseignantes et futurs

enseignants : L'exemple innovant du projet-pilote Passeurs culturels à l'Université de Sherbrooke. *Revue hybride de l'éducation*, *6*(1), 29-56. https://doi.org/10.1522/rhe.v6i1.1232

Liamputtong, P. (2020). Qualitative research methods (5e édition). Oxford University Press.

Libao, N. J. P., Sagun, J. J. B., Tamangan, E. A., Pattalitan, A. P., Dupa, M. E. D. et Bautista, R. G. (2016). Science learning motivation as correlate of students' academic performances. *Journal of Technology and Science Education*, *6*(3), 209-218. http://dx.doi.org/10.3926/jotse.231

Lipman, M. (1991). *Thinking in Education* (1ère éd.). Cambridge University Press.

Maquart, B. (2024). L'esprit critique en questions (1/6) : une initiative pour cultiver son esprit critique [Ministère de la Culture]. https://www.culture.gouv.fr/actualites/L-esprit-critique-en-questions-1-6-une-initiative-pour-cultiver-son-esprit-critique

Masciotra, D. (2005). Réflexivité, métacognition et compétence. *Vie pédagogique*, (134), 29-31.

Massé, L., Verret, C., Nadeau, M.-F., Baudry, C., Brault-Labbé, A., Touzin, C., Grenier, J., Mercier, P. et Silly, D. (2022). Répondre aux besoins éducatifs des élèves doublement exceptionnels à l'école. https://oraprdnt.uqtr.uquebec.ca/portail/docs/GSC4597/O0004179028_D7_Re_ponses_besoins_2022.pdf

Massé, L., Verret, C., Nadeau, M.-F., Baudry, C., Brault-Labbé, A., Dubuc, M. et Martineau-Crète, I. (2023). *Développement et mise à l'essai d'un modèle de service répondant aux besoins d'apprentissage et socioaffectifs d'élèves doués et tout-venant Rapport de recherche*. https://www.researchgate.net/profile/Line-Masse/publication/368300605_Developpement_et_mise_a_l'essai_d'un_modele_de_service_repondant_aux_besoins_d'apprentissage_et_socioaffectifs_d'eleves_doues_et_tout-venant_Rapport_de_recherche/links/6671c887de777205a338875c/Developpement-et-mise-a-lessai-dun-modele-de-service-repondant-aux-besoins-dapprentissage-et-socioaffectifs-deleves-doues-et-tout-venant-Rapport-de-recherche.pdf

Maulini, O. (2001). Technique didactique et ruse pédagogique Le double sens du questionnement. https://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/maulini/publ-0104.pdf

McMillan, J. H. (1987). Enhancing college students' critical thinking: a review of studies. *Research in Higher Education*, *26*(1).

Mercier-Brunel, Y. (2023). Les pratiques évaluatives des enseignants soutiennent-elles une discrimination genrée en mathématiques et en sciences ? *Genre Éducation Formation*, (7). https://journals.openedition.org/gef/1011

Messier, G. (2016). Démarche déductive ou inductive? Là est la question! *Vivre le primaire*, *29*(2), 74-75.

Michelot, F., Poellhuber, B., et Béland, S. (2023). Métalittératie et pensée critique de futurs enseignants : Pratiques et perceptions en francophonie. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, *39*(2), 1-26. https://doi.org/10.4000/ripes.4943

Ministère de l'éducation. (2006). Programme de formation de l'école québécoise Enseignement secondaire, premier cycle. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/education/pfeq/secondaire/PFEQ-secondaire-premier-cycle.pdf

Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche. (2024). Les programmes du collège. https://www.education.gouv.fr/les-programmes-du-college-3203

Mislia, T. S., Indartono, S. et Mallisa, V. (2019). Improving Critical Thinking among Junior High School Students through Assessment of Higher-Level Thinking Skills. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, *323*, 326-333.

Miyake, A. et Friedman, N. (2012). The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions. *Association for psychological science*, *21*(1), 8-14. https://doi.org/DOI: 10.1177/0963721411429458

Miyake, A., Friedman, N., Emerson, M., Witzki, A., Howerter, A. et Wager, T. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex ''Frontal Lobe'' Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, *41*, 49-100. https://doi.org/doi:10.1006/cogp.1999.0734

Moine Hauser, S. (2023). J'ai un cerveau donc je suis, je deviens... Et j'apprends ! *Cortica*, *2*(1), 98-125. https://doi.org/10.26034/cortica.2023.3800

Mons, N. (2009). Effets théoriques et réels des politiques d'évaluation standardisée. *Revue française de pédagogie*, (169), 99-140. https://doi.org/10.4000/rfp.1531

Monvoisin, R. (2007). *Pour une didactique de l'esprit critique - Zététique et utilisation des interstices pseudoscientifiques dans les médias*. Université Grenoble 1 - Joseph Fourier.

Morin, E. (1999). *Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur*. Éditions du Seuil.

Morin, A. et Litalien, D. (2019). Mixture Modeling for Lifespan Developmental Research. Dans *Oxford Research Encyclopedia of Psychology*. 10.1093/acrefore/9780190236557.013.364

Morissette, R. et Voynaud, M. (2002). Accompagner la construction des savoirs. Chenelière éducation.

Morlaix, S. et Lambert-Le Mener, M. (2015). La motivation des étudiants à l'entrée à l'université : quels effets directs ou indirects sur la réussite? *Recherches en éducation*, (22), 152-167.

Morzadec, C. et Reynaud, L. (2025). L'enseignement explicite : une ambigüité risquée. *Cahiers pédagogiques*. https://www.cahiers-pedagogiques.com/lenseignement-explicite-une-ambiguite-risquee/

Moutier, S., Plagne-Cayeux, S., Melot, A.-M., et Houdé, O. (2006). Syllogistic reasoning and belief-bias inhibition in school children: Evidence from a negative priming paradigm. *Developmental Science*, *9*(2), 166-172.

Nelson, A. et Eliasz, K. L. (2022). Desirable Difficulty: Theory and application of intentionally challenging learning. *Medical Education*, (57), 123-130. https://doi.org/DOI: 10.1111/medu.14916

Noël, B. (1997). *La métacognition* (De Boeck Université).

Noël, B. et Cartier, S. (2016). *De la métacognition à l'apprentissage autorégulé*. De Boeck Supérieur.

Noël, B. et Leclercq, D. (2011). Comment développer des capacités cognitives et métacognitives ? Dans *Recherches et actions en faveur de la réussite en première année universitaire. Vingt ans de collaboration dans la Commission « Réussite » du Conseil interuniversitaire de la Communauté française de Belgique.* (CIUF, p. 55-60). https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/86565/1/Noel%202011%20CIUF%20section%2011%20Comment%20développer%20les%20capacités%20cognitives%20et%20métacognitives.pdf

OCDE. (2020). Les écarts de niveau de compétences entre les sexes en compréhension de l'écrit et en mathématiques évoluent-ils entre l'enfance et l'âge adulte ? *Les compétences des adultes à la loupe*, (13). https://doi.org/10.1787/49321c55-fr

Orange, C. (2000). *Idées et raisons. Construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en sciences de la vie et de la Terre.* (Université de Nantes).

Orange, C. et Orange Ravachol, D. (2013). Le concept de représentation en didactique des sciences : sa nécessaire composante épistémologique et ses conséquences. Recherches en éducation, (17), 46-61. https://doi.org/10.4000/ree.7934

Orange, C. et Orange Ravachol, D. (2023). Pensée critique et savoirs en SVT : un point de vue depuis le cadre théorique de l'apprentissage par problématisation. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (28), 115-142. https://doi.org/10.4000/rdst.5201

Pallarès, G. (2020). *Développer les compétences argumentatives de lycéens par des débats numériques sur des questions socio-scientifiques. Vers une didactique de l'argumentation et de l'esprit critique* [Thèse, Université de Montpellier]. https://theses.hal.science/tel-02442726/document

Pallarès, G., De Checchi, K. et Bächtold, M. (2023). Quelle didactique pour « l'esprit critique » ? Une approche par les normes de l'argumentation critique sur les questions socioscientifiques. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (28), 143-167. https://doi.org/10.4000/rdst.5221

Pallascio, R., Daniel, M.-F. et Lafortune, L. (2004). *Pensée et réflexivité*. Presses de l'Université du Québec.

Pasquinelli, E., et Bronner, G. (2021). *Éduquer à l'esprit critique*. https://citoyennete.ac-creteil.fr/IMG/pdf/vdef_eduquer_a_lesprit_critique_csen-1.pdf

Pasquinelli, E. et Farina, M. (2020). Qu'est-ce que l'esprit critique. Fondation La Main à la Pâte. https://fondation-lamap.org/sites/default/files/pdf/qu-est-ce-que-esprit-critique.pdf

Paul, R., Binker, A. J. A., Martin, D., et Adamson, K. (1989). *Critical Thinking Handbook: High School. A Guide for Redesigning Instruction.* https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED325805.pdf

Paul, R., et Elder, L. (2008). *The miniature guide to critical thinking concepts and tools*. 23. https://epdf.pub/the-miniature-guide-to-critical-thinking-concepts-and-tools.html

Pereira, I. (2019). Irène Pereira : Les pédagogies critiques [Le café pédagogique]. http://www.cafepedagogique.net/lexpresso/Pages/2019/02/08022019Article636852082485856246.aspx

Perret, P. (2003). Contrôle inhibiteur et développement cognitif : Perspectives actuelles. *Revue de Neuropsychologie*, *13*(3), 345373.

Peterfalvi, B. et Jacobi, D. (2003). Les interactions langagières entre processus et matériaux pour la recherche. *Aster*, (37), 315. https://doi.org/doi:10.4267/2042/8818

Phillips, L. (1988). *The Design and Development of the Phillips-Patterson Test of Inference Ability in Reading Comprehension.* (nº ED 297 024). Illinois Univ., Urbana. Center for the Study of Reading.; Memorial Univ., St. John's (Newfoundland). Inst. for Educational Research and Development. https://eric.ed.gov/?id=ED297024

Piot, T. (2002). L'espace langagier métacognitif : un dispositif pédagogique de verbalisation au service de l'apprendre. *Spirale. Revue de recherches en éducation*, (30), 93-102. https://doi.org/10.3406/spira.2002.1423

Piquée, C. (2010). Pratiques enseignantes envers les élèves en difficulté dans des classes à efficacité contrastée. *Revue française de pédagogie*, (170), 43-60. https://doi.org/10.4000/rfp.1520

Piron, L. (2023). *Comment le passage par l'oral peut-il influencer la réalisation de pauses métacognitives en Sciences ?* [travail de fin d'études]. HELMo Sainte-Croix.

Potocki, A., Chatelier, M., Dyoniziak, Y., Pylouster, J. et Rouet, J.-F. (2023). Disponibilité des textes sur les performances et stratégies de lecture à l'adolescence : quelle implication des fonctions exécutives ? *L'Année psychologique*, *1*, 91-135.

Potvin, P. (2013). Proposition for improving the classical models of conceptual change based on neuroeducational evidence: conceptual prevalence. *Neuroeducation journal*, *2*(1), 16-43. https://doi.org/10.24046/neuroed.20130201.16

Potvin, P. (2018). *Faire apprendre les sciences et la technologie Épistémologie, didactique, sciences cognitives et neurosciences au service de l'enseignant*. Presses de l'Université Laval.

Potvin, P., Riopel, M. et Masson, S. (2007). *Regards multiples sur l'enseignement des sciences*. Éditions Multimondes.

Puma, S. et Tricot, A. (2021). Prendre en compte la mémoire de travail lors de la conception de situations d'apprentissage scolaire. *Analyse Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, (171), 217-225.

Rapanta, C. (2023). Piaget, Vygotsky and young people's argumentation: Sociocognitive aspects and challenges of reasoning "together" and "alone". *Learning, Culture and Social Interaction*, (39). https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2023.100698

Raynal, F. et Rieunier, A. (2014). *Pédagogie, dictionnaire des concepts clés* (10e édition). ESF éditeur.

Rémond, M. et Quet, F. (1999). Apprendre à comprendre l'écrit. Psycholinguistique et métacognition : l'exemple du CM2. *Repères. Recherches en didactique du français langue maternelle*, (19), 203-224. https://doi.org/10.3406/reper.1999.2298

Reviol, A. (2001). Enseigner en Suisse : un rapport au temps empreint de tensions spécifiques. Dans C. St-Jarre et L. Dupuy-Walker (dir.) *Le temps en éducation Regards multiples* (p. 163-192). Presses de l'Université du Québec.

Robert, A. D., et Garnier, B. (Éds.). (2015). *La pensée critique des enseignants : Éléments d'histoire et de théorisation*. Presses universitaires de Rouen et du Havre. https://doi.org/10.4000/books.purh.3541

Robert, A. et Guyon, R. (2018). La recherche en éducation a toujours eu le souci d'intervenir sur le réel » Entretien avec André Robert. *Diversité*, (192), 13-20. https://doi.org/10.3406/diver.2018.4683

Romainville, M. (2007). Conscience, métacognition, apprentissage : le cas des compétences méthodologiques. Dans *La conscience : perspectives pédagogiques et psychologiques* (Presses de l'université du Québec, p. 108-130). https://pure.unamur.be/ws/files/1018083/61024.pdf

Romainville, M. (2023). *A l'école du doute*. puf.

Romainville, M., Noël, B. et Wolfs, J.-L. (1995). La métacognition : facettes et pertinence du concept en éducation. *Revue française de pédagogie*, *112*, 47-56. https://doi.org/10.3406/rfp.1995.1225

RTBF. (2025). *Meta annonce la fin de son programme de fact-checking aux États-Unis : « Les vérificateurs sont trop orientés politiquement »*. RTBF Actus. https://www.rtbf.be/article/meta-annonce-la-fin-de-son-programme-de-fact-checking-aux-etats-unis-les-verificateurs-sont-trop-orientes-politiquement-11486030

Saad, Z. et Azzouna, A. (2023). Le développement de la pensée critique à travers l'enseignement d'une question scientifique aux implications éthiques : la procréation médicalement assistée. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (28), 169-195. https://doi.org/10.4000/rdst.5241

Salvia, E., Tissier, C., Charron, S., Herent, P., Vidal, J., Lion, S., Cassotti, M., Oppenheim, C., Houdé, O., Borst, G. et Cachia, A. (2019). The local properties of bold signal fluctuations at rest monitor inhibitory control training in adolescents. *Developmental Cognitive Neuroscience*, (38). https://doi.org/10.1016/j.dcn.2019.100664

Sample, J. (2018). *Watson-Glaser III (French Canadian) Rapport descriptif*. Pearson Sample Corporation. https://www.interpreto.ca/app/uploads/2023/11/Watson-Glaser-francais.pdf

Saussez, F. (2019). Les cultures spécifiques aux disciplines à enseigner à l'école secondaire, un objet fécond pour la recherche et la formation ? *Recherche et formation*, *92*, 107-119. https://doi.org/10.4000/rechercheformation.5756

Schleicher, A. (2012). *Preparing Teachers and Developing School Leaders for the 21st Century: Lessons from around the World*. OECD Publishing. https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/9789264174559-en

Schraw, G. (1998). Promoting general metacognitive awareness. *Instructional Science*, *26*(1/2), 113-125.

Schraw, G., et Moshman, D. (1995). Metacognitive Theories. *Educational Psychology Review*, *7*(4), 351-371.

Schwarz, M. (2023). Neurodéveloppement des fonctions exécutives chez l'élève de l'école primaire en difficulté d'apprentissage. *Cortica*, *2*(1), 30-50. https://doi.org/10.26034/cortica.2023.3795

Scott, C. L. (2015). Les Apprentissages de Demain 2 : Quel type d'apprentissage pour le XXIe siècle? *Recherche et prospective en éducation: réflexions thématiques*, *14*, 1-18.

Sendag, S., Erol, O., Sezgin, S., et Dulkadir, N. (2015). Preservice Teachers' Critical Thinking Dispositions and Web 2.0 Competencies. *Contemporary Educational Technology*, *6*(3), 172-187.

Shaffer et Steiger. (1971). *Judgment: Deductive logic and assumption recognition Grade 7-12*. Instructional Objectives Exchange.

Stapleton, P. (2011). A survey of attitudes towards critical thinking among Hong Kong secondary school teachers: Implications for policy change. *Thinking Skills and Creativity*, *6*(1), 14-23.

Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, *28*(6), 643-662.

Suratmi, S., et Sopandi, W. (2022). Knowledge, skills, and attitudes of teachers in training critical thinking of elementary school students. *Journal of Education and Learning*, *16*(3), 291-298. https://doi.org/10.11591/edulearn.v16i3.20493

Tahiri, H. et Qachar, A. (2024). L'impact des soft skills sur l'insertion professionnelle des jeunes diplômés dans le secteur industriel. *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*, *5*(3), 128-147. https://doi.org/10.5281/zenodo.10798862

Talérien, S., Chaliès, S. et Bertone, S. (2019). Le développement professionnel des enseignants expérimentés par la transmission explicite de pratiques ordinaires entre pairs. *Recherches en éducation*, *37*. https://doi.org/10.4000/ree.846

Tardif, J. et Meirieu, P. (1996). Stratégie pour favoriser le transfert des connaissances. *Vie pédagogique*, *98*(7), 4-7.

ten Dam, G. et Volman, M. (2004). Critical thinking as a citizenship competence: teaching strategies. *Learning and Instruction*, *14*(4), 359-379. https://doi.org/doi:10.1016/j.learninstruc.2004.01.005

Ticaud, S. et Voland, S. (2023). L'hypothèse scientifique, un enjeu de formation en sciences de la vie et de la terre. https://www.pedagogie.ac-aix-marseille.fr/jcms/c_11185251/de/l-hypothèse-scientifique-un-enjeu-de-formation-en-sciences-de-la-vie-et-de-la-terre

Tiruneh, D. T., Verburgh, A. et Elen, J. (2014). Effectiveness of Critical Thinking Instruction in Higher Education: A Systematic Review of Intervention Studies. *Higher Education Studies;*, *4*(1). https://doi.org/doi:10.5539/hes.v4n1p1

Tozzi, M. et Leleux, C. (s. d.). Les outils de l'approche philosophique. https://www.reseau-canope.fr/notice/les-outils-de-lapproche-philosophique

Tricot, A. et Sweller, J. (2014). Domain-Specific Knowledge and Why Teaching Generic Skills Does Not Work. *Educational Psychology Review*, *26*(2), 265-283. https://doi.org/10.1007/s10648-013-9243-1

Trisconi, E. et Cuozzo, M. (2022). Étude sur les motifs d'intéressement d'élèves du secondaire impliqués dans une innovation pédagogique. *Revue suisse des sciences de l'éducation*, *44*(3), 327-337. https://doi.org/10.24452/sjer.44.3.3

Tümkaya, S., Aybek, B. et Aldağ, H. (2009). An Investigation of University Students' Critical Thinking Disposition and Perceived Problem Solving Skills. *Eurasian Journal of Educational Research*, (36), 57-74.

Vallerand, R. J. (1989). Vers une méthodologie de validation transculturelle de questionnaires psychologiques : implications pour la recherche en langue française. *Psychologie Canadienne*, *30*(4), 662-689.

Vanderavero, P. (2024). *Introduction aux méthodes mixtes*. Communication présentée au Séminaire Européen de Recherche en Formation d'Adultes.

van der Zanden, P. J. A. C., Denessen, E., Cillessen, A. H. N. et Meijer, P. C. (2020). Fostering critical thinking skills in secondary education to prepare students for university: teacher perceptions and practices. *Research in Post-Compulsory Education*, *25*(4), 394-419. https://doi.org/10.1080/13596748.2020.1846313

Vandierendonck, A. (2021). On the Utility of Integrated Speed-Accuracy Measures when Speed-Accuracy Trade-off is Present. *Journal of cognition*, *4*(1), 1-26. https://doi.org/DOI: 10.5334/joc.154

Vanhoolandt, C. (2023). *Mises en évidence des effets d'un entrainement hors contexte du contrôle inhibiteur d'heuristiques dominantes*. Université de Namur.

van Merriënboer, J. J. G. et Sweller, J. (2005). Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. *Educational Psychology Review*, *17*(2), 147-178. https://doi.org/10.1007/s10648-005-3951-0

Veenman, M., et Spaans, M. (2005). Relation between intellectual and metacognitive skills: Age and task differences. *Learning and Individual Differences*, *15*(2), 159-176.

Veenman, M., Van Hout-Wolters, B. et Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: conceptual and methodological considerations. *Metacognition Learning*, *1*, 3-14. https://doi.org/10.1007/s11409-006-6893-0

Venturini, P. et Tiberghien, A. (2012). La démarche d'investigation dans le cadre des nouveaux programmes de sciences physiques et chimiques : étude de cas au collège. *Revue française de pédagogie*, (Revue française de pédagogie), 95-120. https://doi.org/10.4000/rfp.3810

Verhaeghe, J.-C., Wolfs, J.-L., Simon, X. et Compere, D. (2004). *Pratiquer l'épistémologie*. De Boeck Université.

Viau, R. et Louis, R. (1997). Vers une meilleure compréhension de la dynamique motivationnelle des étudiants en contexte scolaire. Canadian Society for the Study of Education, 22(2), 144-157.

Viennot, L. (1996). *Raisonner en physique, la part du sens commun* (De Boeck Supérieur).

Viennot, L. et Decamp, N. (2018). Concept et critique : lignes enchevêtrées des dynamiques d'apprentissage en physique. Dans J.-C. S. Lévy et S. Ofman (dir.), *L'avenir de la complexité et du désordre* (p. 142-152). Éditions Matériologiques. https://hal.science/hal-02122319v1

Villejoubert, G. et Floch, V. L. (2010). Jugement et prise de décision : état de l'art et méthodes d'aide à la décision en milieu professionnel. Dans P. Morchain et A. Somat (dir.), *La psychologie sociale : applicabilité et applications* (p. 189-214). Presses universitaires de Rennes. https://doi.org/10.4000/books.pur.60749

Vincent, F. (2023). Peut-on réellement mesurer l'éducation ? Dans S. Chkair et S. Wagnon (dir.), *Les données probantes et l'éducation* (p. 141-153). De Boeck Supérieur.

Vincent-Lancrin, S., González-Sancho, C., Bouckaert, M., de Luca, F., Fernández-Barrerra, M., Jacotin, G., Urgel, J. et Vidal, Q. (2020). *Développer la créativité et l'esprit critique des élèves: Des actions concrètes pour l'école*. Éditions OCDE. https://doi.org/10.1787/8ec65f18-fr

Vitale, M. (2015). *Pensée procédurale et auto-évaluation un lien possible ?* L'évaluation à la lumière des contextes et des disciplines, Liège, Belgique (p. 43-47). https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/192246/1/

We are social. (2023). *Digital Report: l'évolution du numérique en 2023*. https://wearesocial.com/fr/blog/2023/01/digital-report-levolution-du-numerique-en-2023/

Willame, B. et Snauwaert, P. (2018). Entrainement au contrôle inhibiteur et apprentissage en chimie dans le secondaire supérieur : Favoriser un changement de prévalence conceptuelle. *Neuroéducation journal*, *5*(2), 73-92. https://doi.org/10.24046/neuroed.20180502.73

Willingham, D. (2007). Critical thinking: Why it is so hard to teach? *American federation of teachers*, 8-19.

Woltz, D. et Was, C. (2006). Availability of related long-term memory during and after attention focus in working memory. *Memory et Cognition*, *34*(3), 668-684.

Yergeau, E. et Poirier, M. (2023). SPSS à l'UdeS. https://spss.espaceweb.usherbrooke.ca

Zimmermann, G., Pasquinelli, E. et Farina, M. (2018). *Esprit scientifique, esprit critique Un projet pédagogique pour la classe Tome 2 Cycle 4 et 2nde* (vol. 2). Le Pommier. https://www.fondation-lamap.org/fr/page/62511/contenus-du-projet

Annexes

Annexes

Les annexes qui suivent sont présentées selon l'ordre d'appel dans la thèse, elles ne respectent pas un ordre chronologique de production. Les données qui y sont présentées permettent au lecteur curieux de prendre la mesure des analyses réalisées ainsi que de comprendre au mieux l'étendue du travail produit.

Annexe 1 : Questionnaire sur les représentations de la pensée critique des enseignants

Page 1

Enseignant en sciences au premier et deuxième degré depuis quelques années, je me questionne sur l'évolution de nos cours, la place des compétences transversales que l'on espère voir se développer chez nos élèves. Parmi mes réflexions, je m'attarde sur la place du développement de la pensée critique chez nos élèves et je souhaite avoir vos avis sur la question, afin de construire une recherche doctorale la plus pertinente possible.

Afin de construire cette réflexion avec vous, je souhaite que vous répondiez au questionnaire suivant, quel que soit le public auquel vous enseignez. Toutes vos réflexions sont à découvrir et à prendre en compte pour la suite du cheminement.

Je vous remercie par avance du temps que vous m'accorderez (une vingtaine de minutes). Afin de valider le questionnaire et que toutes les données soient transmises, il est important de le parcourir entièrement et de cliquer sur « Envoyer ». Les données recueillies au travers de ce questionnaire ne seront exploitées que dans le cadre de la recherche mentionnée.

Page 2

En tant qu'enseignant, que signifie « faire preuve de pensée critique » ?

Question ouverte.

Comment développer la pensée critique ?

Question ouverte.

Page 3

A la lecture des affirmations suivantes, je me situe grâce l'échelle de Likert à quatre choix de réponse.

Échelle de Likert à quatre choix de réponse : 1 = « Pas du tout d'accord », 2 = « Pas d'accord », 3 = « D'accord », 4 = « Tout à fait d'accord ».

La pensée critique est indispensable dans notre vie actuelle.

Mes élèves font preuve de pensée critique au quotidien.

Mes élèves font preuve de pensée critique au sein de mes cours.

Je fais preuve de pensée critique au quotidien.

Pour favoriser le développement de la pensée critique des élèves, l'enseignant lui-même doit faire preuve d'une pensée critique.

Je fais preuve de pensée critique lorsque j'exerce mon métier (en préparant mes cours, lorsqu'on me propose diverses activités durant l'année…).

Lorsque je prépare mes cours, la composante « développement de la pensée critique des élèves » intervient dans ma réflexion, j'y attache une importance dans ma réflexion en amont des cours.

J'estime qu'il est possible d'aborder et de développer la pensée critique durant mes cours.

J'estime que la pensée critique est une compétence qui doit être abordée et développée durant mes cours.

Lorsque je donne cours, dans ma relation avec les élèves, je veille à favoriser leur pensée critique.

Lorsque je donne cours, dans ma relation avec les élèves, je veille à leur partager des trucs et astuces pour développer leur pensée critique.

Page 4

Selon moi, la pensée critique peut se développer à partir de…

Cocher la réponse souhaitée.

Avant l'entrée dans la scolarité

La petite enfance (3-4 ans)

L'entrée en primaire (6-7 ans)

L'entrée dans le premier degré du secondaire (12-13 ans)

L'entrée dans le deuxième degré du secondaire (14 -15 ans)

L'entrée dans le troisième degré du secondaire (16 -17 ans)

Dès la fin de l'enseignement secondaire et à l'âge adulte (18 ans et plus)

Page 5

« J'estime faire preuve de pensée critique au quotidien. »

Cocher la réponse souhaitée.

Jamais – Parfois – Souvent – Toujours

Page 6

Le tableau ci-dessous présente plusieurs attitudes. Pour chacune des attitudes, il est demandé de se situer sur l'échelle proposée, selon la phrase suivante :

Je favorise l'attitude suivante au sein de mes cours de façon à développer la pensée critique des élèves.

Échelle de Likert à quatre choix de réponse : 1 = « Jamais », 2 = « Parfois », 3 = « Souvent », 4 = « Toujours ».

Relever des similitudes et des différences significatives.

Examiner ou évaluer des hypothèses.

Suspendre sa réponse première pour y réfléchir davantage.

Affiner les généralités et éviter les simplifications excessives.

Évaluer le degré de certitude des connaissances que l'on croit avoir pour aborder un nouvel apprentissage.

Distinguer les faits pertinents et non pertinents.

Maintenir ses idées envers et contre tous

Faire des déductions, des prédictions ou des interprétations plausibles.

Évaluer des preuves et des faits allégués.

Reconnaitre les contradictions.

Générer ou évaluer des solutions.

Identifier et évaluer les habiletés que l'on possède pour aborder un nouvel apprentissage.

Établir des liens interdisciplinaires.

Admettre ses propres erreurs.

Explorer des implications et des conséquences.

Comparer des situations analogues : transférer les connaissances à de nouveaux contextes.

Se fixer des objectifs personnels.

Clarifier les questions, les conclusions, les convictions.

Réfuter les remises en question des fondements scientifiques.

Clarifier et analyser le sens des mots ou des phrases.

Évaluer la crédibilité des sources d'information.

Élaborer des critères d'évaluation : clarifier des valeurs et des normes.

Prendre distance par rapport à ses représentations initiales.

Développer l'humilité intellectuelle et suspendre le jugement.

Être capable d'expliquer comment les erreurs sont détectées.

Développer l'intégrité intellectuelle.

Être capable d'expliquer comment on remédie aux erreurs soulevées.

Développer la persévérance intellectuelle.

Être conscient du cheminement de sa propre pensée et en vérifier la qualité.

Penser de manière indépendante.

Mettre en œuvre un dispositif quelconque par habitude.

Explorer les pensées sous-jacentes aux sentiments.

Établir une liste des étapes par lesquelles il faut passer pour atteindre ses objectifs.

Explorer les sentiments sous-jacents aux pensées.

Développer la compréhension de l'égocentrisme ou du sociocentrisme.

Inhiber ses réponses intuitives et automatiques.

Développer la confiance dans la raison.

S'autoévaluer (ce qu'il a appris; ce qu'il a trouvé difficile; ce qu'il pense devoir réviser davantage; ce qu'il a bien compris; ce qu'il a trouvé utile et nécessaire; ce qu'il a ressenti...).

Développer son point de vue : construire ou explorer des arguments ou des théories.

Croire un résultat présenté sans fondement.

S'interroger en profondeur : soulever des questions fondamentales ou importantes et poursuivre sa réflexion.

Lister les stratégies efficaces à réitérer lors d'une prochaine démarche.

Résister à une récompense immédiate pour en obtenir une plus tard.

Analyser ou évaluer des arguments, des interprétations, des croyances ou des théories, des actions ou des politiques.

Comparer et opposer les idéaux à la pratique.

Comparer ses connaissances antérieures avec les nouvelles connaissances acquises.

Comparer les perspectives, les interprétations ou les théories.

Évaluer les perspectives, les interprétations ou les théories.

Guider une réflexion sur base d'une croyance.

Parmi les 49 attitudes listées ci-dessous, je sélectionne les 10 attitudes les plus importantes pour favoriser le développement de la pensée critique et les classe dans un ordre décroissant d'importance.

J'écris les numéros choisis du plus important au moins important. Chaque numéro est séparé par une virgule.

Question ouverte courte

Je pense que les affirmations suivantes sont des aides pour le développement de la pensée critique au sein de mes cours.

Échelle de Likert à quatre choix de réponse : 1 = « Pas du tout d'accord », 2 = « Pas d'accord », 3 = « D'accord », 4 = « Tout à fait d'accord ».

La/les matière(s) que j'enseigne.

Les supports pédagogiques proposés par les maisons d'édition.

Les informations trouvées sur internet.

Le dialogue et l'entraide avec les collègues.

La vision de l'école soutenue par la direction et le projet d'établissement.

L'intérêt personnel porté sur la pensée critique.

Le temps à disposition.

Autre.

Je pense que les affirmations suivantes sont des freins pour le développement de la pensée critique au sein de mes cours.

Échelle de Likert à quatre choix de réponse : 1 = « Pas du tout d'accord », 2 = « Pas d'accord », 3 = « D'accord », 4 = « Tout à fait d'accord ».

La/les matière(s) que j'enseigne.

Les supports pédagogiques proposés par les maisons d'édition.

Les informations trouvées sur internet.

Le dialogue et l'entraide avec les collègues.

La vision de l'école soutenue par la direction et le projet d'établissement.

L'intérêt personnel porté sur la pensée critique.

Le temps à disposition.

Autre.

Page 7

Je suis… *A sélectionner*

Une femme

Un homme

Autre

Mon âge est… *A sélectionner*

Dans une liste déroulante.

De 20 à 65 ans, puis 66 ans et plus.

Mon plus haut niveau de formation est… *A sélectionner*

Inférieur à l'enseignement primaire

L'enseignement primaire (Certificat d'Études de Base (CEB))

Premier cycle de l'enseignement secondaire (CE1D)

Deuxième cycle de l'enseignement secondaire (Certificat d'Études Secondaires Supérieures (CESS))

Enseignement post-secondaire non-supérieur

Enseignement supérieur de type court, Baccalauréat

Niveau master ou équivalent

Niveau doctorat ou équivalent

Mon ancienneté d'enseignement est de… *A sélectionner*

1 an

2 ans

3 ans

4 ans

5 à 10 ans

11 à 20 ans

21 à 30 ans

31 à 40 ans

Actuellement, j'enseigne dans l'/les école(s) suivante(s) (nom de l'institution et ville) :

Question ouverte courte

J'enseigne au(x) public(s) suivant(s)… (plusieurs réponses sont possibles)

Maternel

Primaire

Premier degré de l'enseignement secondaire

Deuxième degré de l'enseignement secondaire

Troisième degré de l'enseignement secondaire

Baccalauréat

Master

Promotion sociale

Formation en alternance

Autre : …

Je donne le(les) cours suivant(s)…

Question ouverte courte

J'enseigne dans le réseau suivant… *A sélectionner*

Enseignement organisé par la Fédération Wallonie-Bruxelles (WBE)

Enseignement officiel subventionné (CECP ou CPEONS)

Enseignement libre subventionné (Ségec ou FELSI)

J'occupe un autre rôle que celui d'enseignant dans l'école. Lequel ?

Question ouverte courte

J'ai une(des) information(s) supplémentaire(s) à partager au travers de ce questionnaire. Je la(les) transmets.

Question ouverte courte

J'accepte d'être contacté(e) pour fournir d'autres informations sur mes pratiques d'enseignement. Je souhaite être tenu(e) au courant des résultats de cette enquête. Voici mes coordonnées (Nom, prénom, adresse e-mail).

Question ouverte courte

Annexe 2 : Exemples de questions du *Cornell Critical Thinking Test* (Ennis et al., 2005)

Exemple de question évaluant la dimension « Induction » :

Choisissez l'une des réponses suivantes sur votre feuille de réponse :

A. Ce fait soutient l'idée du médecin selon laquelle tous les membres du premier groupe sont morts.

B. Ce fait va à l'encontre de l'idée du médecin.

C. Ni l'un ni l'autre : ce fait ne nous aide pas à décider.

Vous entrez dans la première hutte. Tout est recouvert d'une épaisse couche de poussière.

Exemple de question évaluant la dimension « Observation » et la dimension « Crédibilité » :

Vous allez recevoir deux comptes-rendus à la fois. Lisez les deux et décidez lequel est le plus vraisemblable (ou si les deux le sont).

Si vous pensez que le premier est plus vraisemblable, marquez A sur votre feuille de réponse.
Si vous pensez que le second est plus vraisemblable, marquez B.
Si vous pensez que les deux sont également vraisemblables, marquez C.

Voici un exemple (pour chaque problème, les affirmations sur lesquelles il faut se prononcer sont soulignées) :

A. Le mécanicien automobile enquête sur le ruisseau près du village et rapporte : « <u>L'eau n'est pas potable.</u> »

B. Le médecin dit : « <u>Nous ne pouvons pas encore dire si l'eau est potable.</u> »

C. A et B sont tout aussi vraisemblables.

Exemple de question évaluant la dimension « Déduction » :

Pour chaque problème de cette partie, vous devez décider ce qui découle des raisons données. C'est-à-dire que pour chaque problème, vous estimez que ce que la personne dit est vrai. Ensuite, décidez quel autre élément devrait également être vrai en conséquence.

Cochez A, B ou C, ou laissez le champ vide si vous ne savez pas. Examinez chaque problème séparément. Dans cette partie, vous pouvez revenir sur un problème après l'avoir passé. Voici un exemple :

Le mécanicien dit : « Si ces êtres sont des personnes de la Terre, alors ils nous accueilleront. Ce sont certainement des personnes de la Terre. »

Qu'est-ce qui suit ?

A. Ces êtres ne nous accueilleront pas.

B. Ces êtres ne sont pas de la Terre.

C. Ces êtres nous accueilleront.

Exemple de question évaluant la dimension « Hypothèse » :

En faisant son rapport, elle prend certaines idées pour acquises, sans les dire réellement. Elles font partie de la base de son raisonnement. Votre travail consiste à sélectionner les idées qu'elle considère probablement comme allant de soi dans ce raisonnement. En voici un exemple :

« Les explorateurs ne peuvent pas s'échapper, car ils ne peuvent pas abattre les murs de la cabane en pierre. » Lequel des éléments suivants est probablement considéré comme allant de soi ?

A. Les explorateurs peuvent sauter par la fenêtre.

B. Les gardes sont en alerte.

C. Tous les moyens de s'échapper, sauf à travers les murs, sont impossibles.

Annexe 3 : La démarche d'investigation, « La maison volante »

Démarche d'investigation en physique

Une maison volante, vous avez dit « Une maison volante » ?

Bande annonce du film sur YouTube : https://www.youtube.com/watch?v=p-TdCD6DBfM

En observant cette maison volante, quelles questions-clés peuvent être posées ?

……
……
……
……

Émets des hypothèses pour tenter de répondre à ces questions.

……
……
……
……

Identifie les concepts déjà vu dans le cours de physique qui peuvent t'aider à répondre à ces questions.

……
……
……
……

1

<u>Identifie, à priori,</u> les informations concrètes dont tu as besoin pour répondre à ces questions.

……
……
……

……

Dans les documents suivants, <u>recherche les informations</u> qui te permettront de <u>produire des réponse</u> à ces questions avec calculs et valeurs précises à l'appui. Pour t'aider dans ta recherche d'informations, mets en évidence (en fluo, par exemple) les informations pertinentes pour tes calculs dans les documents. Attention, comme lors d'une véritable recherche sur internet, tu fais face à des informations essentielles et d'autres qui le sont moins.

Structure ta réponse avec la méthode Données – Inconnues – Formules – Solution. Pour chaque donnée relevée, précise le document dans lequel tu l'as trouvée.

Schématise la situation de cette maison qui s'envole et représentes-y les forces en jeu.

……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Grâce aux documents fournis et aux calculs réalisés, <u>réponds de façon précise à la question initiale</u>. <u>Confirme ou infirme les hypothèses</u> émises.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

<u>Es-tu certain</u> de tes réponses ? Justifie ta réponse avec précision.

.....
.....
.....

Portefeuille de documents

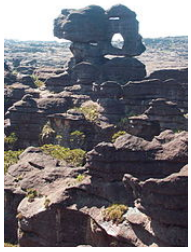
Document 1, source : https://en.wikipedia.org/wiki/Up_(2009_film) (traduction automatique)

Là-Haut

Là-Haut est un film d'aventure dramatique d'animation par ordinateur américain produit par Pixar Animation Studios et distribué par Walt Disney Pictures en 2009. Le film se concentre sur un veuf âgé nommé Carl Fredricksen (Ed Asner) et un garçon sérieux nommé Russell (Jordan Nagai) ; en attachant des milliers de ballons à sa maison, Carl entreprend de réaliser son rêve de voir la nature sauvage de l'Amérique du Sud et de réaliser une promesse faite à sa défunte épouse, Ellie. Le film a été réalisé par Pete Docter et coréalisé par Bob Peterson, qui a également écrit le scénario du film avec Docter, ainsi que l'histoire avec Tom McCarthy. La musique a été composée par Michael Giacchino, qui avait également composé de la musique pour *Les Indestructibles* et *Ratatouille*.
Docter a commencé à travailler sur l'histoire en 2004 intitulée *Heliums*, qui était basée sur des fantasmes d'évasion de la vie quand elle devient trop irritante. Lui et onze autres artistes Pixar ont passé trois jours au Venezuela à recueillir des données et à s'inspirer de la nature de l'endroit. Les dessins des personnages ont été considérablement caricaturés et stylisés, et les animateurs ont été mis au défi de créer un tissu réaliste.
Là-Haut est sorti le 29 mai 2009 et a ouvert le Festival de Cannes 2009, devenant le premier film d'animation et 3D à le faire. Le film a rapporté plus de 735 millions de dollars, devenant le sixième film le plus rentable de 2009. Le film a été largement acclamé par la critique et le public, beaucoup l'appelant l'un des meilleurs films d'animation de tous les temps. Les personnages, les thèmes, le récit, la performance vocale d'Asner et la partition de Giacchino ont été salués, tout comme le montage de Carl et de sa femme Ellie vieillissant ensemble. Le film a remporté deux Oscars, dont celui du meilleur long métrage d'animation, et a été nominé pour trois autres, dont celui du meilleur film, ce qui en fait le deuxième film d'animation de l'histoire à recevoir une telle nomination (et le premier film Pixar à le faire), après *La Belle et la Bête* (1991).

(…)

Animation



Docter et onze autres artistes Pixar ont visité Tepuis au Venezuela en 2004 pour des recherches. Docter a fait du Venezuela le décor du film après que Ralph Eggleston lui a donné une vidéo des montagnes Tepui du parc national de Canaima ; Tepui a déjà été présenté dans un autre film Disney, *Dinosaur*. En 2004, Docter et onze autres artistes Pixar ont passé trois jours pour atteindre Monte Roraima en avion, en jeep et en hélicoptère. Ils y ont également passé trois nuits à peindre et à dessiner… et à rencontrer des fourmis, des moustiques, des scorpions, des grenouilles et des serpents.

(…)

Les animateurs ont conçu Russell comme un Asiatique-Américain, et ont modelé Russell sur le même regard que Peter Sohn, un storyboarder Pixar qui a doublé Emile dans *Ratatouille* et réalisé le court métrage *Partily Cloudy*, en raison de sa nature énergique.

Alors que Pixar conçoit généralement leurs personnages pour être caricaturaux, Carl l'était encore plus, n'ayant qu'au moins trois têtes de haut. On ne lui a pas donné de traits âgés tels que des taches hépatiques ou des cheveux dans ses oreilles pour le garder attrayant, mais on lui a donné des rides, des taches sur le nez, une prothèse auditive et une canne pour le faire paraître âgé. Docter voulait pousser une sensation stylisée, en particulier la façon dont la tête de Carl est proportionnée : il a un aspect carré pour symboliser son confinement dans sa maison, tandis que Russell est arrondi comme un ballon. Le défi sur *Là Haut* était de rendre ces personnages stylisés naturels, bien que Docter ait fait remarquer que l'effet était meilleur que d'animer les humains réalistes de *Toy Story* ". Les caricaturistes Al Hirschfeld, Hank Ketcham et George Booth ont influencé les desseins humains. Il a été plus difficile de simuler un tissu réaliste sur des humains caricaturés que de créer les 10 000 ballons qui font voler la maison. De nouveaux programmes ont été conçus pour simuler le tissu et pour les plumes irisées de Kevin. Pour animer les personnes âgées, les animateurs Pixar étudiaient leurs propres parents ou grands-parents et regardaient également des images des Jeux olympiques seniors. Les animateurs avaient diverses règles pour les mouvements de Carl : il ne pouvait pas tourner la tête de plus de 15 à 20 degrés sans tourner son torse aussi, ni lever les bras haut. Cependant, ils voulaient aussi qu'il devienne plus flexible vers la fin du film, se transformant en "héros de l'action".

Un directeur technique a calculé que pour faire voler la maison de Carl, il aurait besoin de 23 millions de ballons, mais Docter s'est rendu compte qu'un si grand nombre faisait ressembler les ballons à de petits points. Au lieu de cela, les ballons créés ont été conçus pour être deux fois plus gros que Carl. Il y a 10 297 ballons pour les plans de la maison qui vient de voler, 20 622 ballons pour la séquence de décollage et un nombre variable dans d'autres scènes.

5

Document 2, source : https://www.out-the-box.fr/comme-dans-la-haut-un-homme-s-envole-a-bord-dune-maison-volante/

Comme dans « Là-Haut », un homme s'envole à bord d'une maison volante!

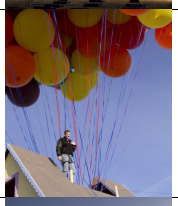
Jonathan Trappe, un américain de 38 ans, est un pratiquant de *cluster–ballooning* aguerri.
Le *cluster-ballooning*, c'est une sorte de pratique de la montgolfière qui remplace l'unique ballon rempli à l'air chaud par de multiples ballons gonflés à l'hélium.
Après avoir été la première personne à traverser la Manche par ce moyen de transport original, l'homme s'est lancé un défi qui l'est tout autant.
Inspiré par le superbe film d'animation *Là-Haut* (« Up », en version originale), Jonathan a construit une maison aux allures de cartoon qu'il a équipé de 250 gros ballons.
Puis il a décollé à bord de son drôle d'engin, à l'occasion du 11ème festival international du ballon à Leon, au Mexique.
S'il n'a pas parcouru autant de chemin que Carl Fredricksen, le vieux monsieur du film Là-Haut, Jonathan Trappe s'est tout de même élevé durant 2 heures à 2500 mètres d'altitude !
Tout cela, dans une maison pesant 900 kilos et en compagnie d'une charmante copilote. Pour redescendre, il a simplement coupé un à un les fils qui retenaient la maison dans les airs.
Sa prochaine folie: la traversée de l'atlantique, du nord des USA jusqu'à Paris… en canot de sauvetage aéroporté grâce à 365 ballons.
Cette performance, Jonathan en rêve depuis longtemps même s'il est conscient qu'elle n'est pas sans risque.
Mais lui prend ça avec philosophie:
Tout est question de vivre une vie intéressante – pour moi en tant que pilote et pour ceux qui regardent. Un jour, on pourra regarder en arrière et dire: L'Humanité en a été capable. Ils l'ont fait !
Une belle initiative, non? Voici le genre de maison qui aurait pu apparaître dans ce top 10 des maisons insolites que je vous avais proposé il y a quelques temps !
Source : https://www.dailymail.co.uk/news/article-2235189/Fan-Pixar-movie-UP-takes-skies-house-tying-hundreds-balloons-it.html

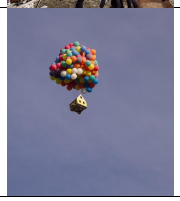
Document 3, source : https://www.maxisciences.com/vol/devenue-realite-la-maison-ballons-de-la-haut-prend-son-envol_art12980.html

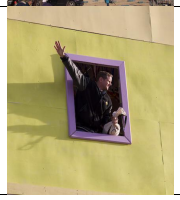
Devenue réalité, la maison-ballons de "Là-Haut" prend son envol

Par Emmanuel Perrin le 7 mars 2011 à 15:07, Modifié le 28 décembre 2018 à 18:06

Pour la future série de la chaîne National Geographic, une équipe de scientifiques et d'ingénieurs a décidé de recréer la maison volante du film d'animation des studios Pixar "Là Haut". Fabriquée en version "allégée", la maison a été attachée à 300 ballons-sondes multicolores qui lui ont permis de prendre son envol samedi dernier à l'aube, d'une piste privée de Los Angeles aux États-Unis. Après décollage, l'aéronef a atteint plus de 3.000 mètres d'altitude et est resté environ 1 heure dans les airs.

La maison dans le ciel de Los Angeles après son décollage (Crédits : National Geographic)	
Les 300 ballons-sondes ont été solidement attachés à la maison (Crédits : National Geographic)	
L'équipe comprenait aussi deux pilotes de ballons (Crédits : National Geographic)	
La maison a flotté dans le ciel du désert californien pendant près d'une heure (Crédits : National Geographic)	

Chaque ballon-sonde mesure près de 2,5 mètres de diamètre (Crédits : National Geographic)			
Quelques retouches avant le décollage... (Crédits : National Geographic)			
Équipée des ballons, la maison plus de 30 mètres de hauteur (Crédits : National Geographic)			
Construite en bois, l'intérieur de la maison a été fabriquée en version "allégée" comparée à celle du film "Là haut" (Crédits : National Geographic)			
Les ballons ont été accrochées par petits groupes à la maison (Crédits : National Geographic)			
L'expérience a décroché le record mondial du plus grand nombre de ballons en vol (Crédits : National Geographic)			

La maison mesure 5 mètres sur 5 pour une hauteur à peu près comparable (Crédits : National Geographic)			
Quand la magie Pixar devient réalité (Crédits : National Geographic)			
Toute l'expérience a été filmée par les caméras de la chaine National Geographic pour une future série (Crédits : National Geographic)			
Le vol de la maison-ballons bien qu'expérimentale a été un vrai succès (Crédits : National Geographic)			

Document 4, source : https://www.programme-television.org/news-tv/La-Haut-W9-Peut-on-reellement-faire-voler-une-maison-avec-des-ballons-4631116

Là-Haut (W9) : Peut-on réellement faire voler une maison avec des ballons ?

Ce soir W9 diffuse le film d'animation Là-Haut, dans lequel le protagoniste Carl s'envole à bord de sa maison accrochée à des ballons... Mais dans la réalité est-possible ?

© DISNEY-ABC

Un vieil homme ayant toujours rêvé de vivre une grande aventure décide de s'envoler vers des contrées lointaines. Un matin, le retraité largue les amarres en accrochant des ballons multicolores par centaines à sa bicoque qui s'élève alors dans le ciel...

La magie des ballons

Les petites mains de Pixar ont dû animer entre 10 000 et 20 000 ballons, selon les séquences. Comment en exprimer la légèreté, les couleurs, la transparence ? Des logiciels ont été spécialement conçus pour faire interagir les ballons en accord avec les lois de la physique. En réalité, il faudrait près de cinq fois plus de ballons gonflés à l'hélium pour soulever 50 tonnes, poids estimé de la maison de Carl.

En effet selon un calcul très sérieux du blog *Wired Science*, il faudrait entre "*100.000 et 23,5 millions de ballons*" pour que la maison de Carl s'élève au-dessus du sol. Une estimation confirmée par les ingénieurs de Pixar. Toutefois comme l'indique le site, ce calcule ne prend pas en compte : le poids, la taille ni la matière des ballons (latex, plastique) ni celui des ficelles... Autre indication : dans la vraie vie pour que la maison de Carl s'envole au-dessus des nuages embarquant au passage les fondations il lui faudrait atteindre la vitesse de 190 km/h !

Des calculs à la réalité il n'y a qu'un pas, qu'en 2011, la chaîne National Geographic a franchi, en réalisant un test grandeur nature diffusé dans l'émission "*How Hard Can it Be?*". 300 ballons d'hélium ont été attachés sur une maisonnette en bois (et ultra-légère) de 4,8 mètres par 4,8 mètres par 5,5 pour reproduire le vol de Carl... et le résultat est incroyable !

Là-Haut, est diffusé mardi 26 février à 21.00 sur **W9.**

Sarah Ibri

Document 5, source : https://scienceonblog.wordpress.com/2018/04/12/balloons-in-up/

(traduction automatique ; les unités anglaises/américaines originales ont été converties en unités usuelles en Belgique)

Ballons dans Là-Haut

K.E. Stiefel, 30 janvier 2020

« L'aventure est là ! » - Là-Haut

Là-Haut est peut-être mon film Pixar préféré. C'est une belle histoire sur la vie de l'aventure qu'est la vie. Je me souviens m'être assis dans le cinéma sombre après ma première année à l'université, avoir regardé Carl se rendre aux Chutes du Paradis en Amérique du Sud pour tenir une promesse à sa femme décédée. Bien sûr, parce que c'est Pixar, il ne voyage pas conventionnellement. Au lieu de cela, il attache des ballons à sa maison, ce qui la fait monter et s'éloigner.

Alors, combien de ballons faudrait-il vraiment pour soulever la maison d'Up ?

Ce n'est pas une réponse facile. Considérons d'abord le pouvoir de levage de l'hélium. L'hélium est le deuxième élément du tableau périodique et a une masse volumique d'environ 0,1785g/L. La masse volumique de l'air au niveau de la mer est de 1,293g/L. La différence entre les deux nombres est le poids supplémentaire que l'hélium pourrait soulever. Ainsi, chaque litre d'hélium peut soulever environ 1,1145g autour du niveau de la mer.

Maintenant, nous pouvons considérer le poids de la maison. Une maison typique pèse entre 36320kg et 72640kg (moins la fondation). Disons que la maison de Carl est de taille moyenne et pèse 54480kg. Si un litre d'hélium est nécessaire pour soulever 1,1145g, Carl aurait besoin d'environ 48,88 millions de litres d'hélium pour soulever ses 54480kg de maison.

Ensuite, vous devez tenir compte de la taille des ballons. Plus le ballon est grand, plus il peut contenir d'hélium. Un ballon moyen a un diamètre d'environ 30cm. Par souci de simplicité, si nous disons que le ballon est sphérique, il pourrait contenir 14,83L. Un litre équivaut à 0,001m^3, de sorte qu'un ballon de 14,83L pourrait contenir 0,01483m^3 d'hélium. Il faudrait environ 3,296 millions de ces ballons pour contenir les 48,88 millions de litres d'hélium nécessaires pour soulever la maison de Carl.

Oh, mais attendez, nous devons tenir compte du poids des ballons et de la ficelle. Si je fais une estimation approximative qu'un ballon avec une ficelle pèse environ un quart d'once (unité anglaise), soit 0,0072574779kg. (Je base cela sur le ballon de 3,1 grammes ou 0,109 once, puis je double la masse pour tenir compte de la corde.) Donc, si notre ballon contient 14,83 dm^3 d'hélium, l'hélium peut soulever un total de 0,016528035kg. En soustrayant les 0,0072574779kg du ballon, chaque ballon ne pouvait soulever que 0,0092705571kg supplémentaire. Maintenant, nous envisageons d'avoir besoin d'environ 5,88 millions de ballons pour soulever la maison de 54 480kg.

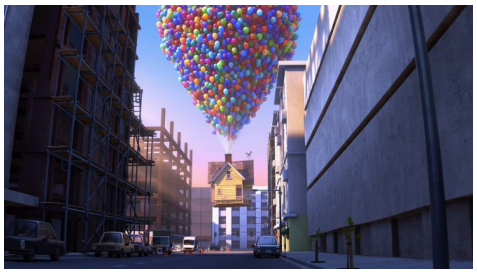
Je ne suis pas la première personne à m'attaquer à ce problème. Alexis Madrigal de *Wired* a pensé que la maison pesait 100 000 livres (soit 45359kg) et aurait besoin de 105 854 ballons sphériques de 90cm de diamètre. Cependant, *Wired* n'a pas tenu compte du poids des ballons et de la ficelle. Nina Rastogi de *Slate* a calculé que si vous utilisiez des ballons de fête (30 cm de diamètre avec 66cm de ruban) et comptabilisez le poids des ballons et du ruban, vous auriez besoin de plus de 9,4 millions ballons pour soulever une maison de 100 000 livres. À la BMDI, quelqu'un a posté qu'il faudrait 12 658 392

ballons pour soulever une maison de 54 480kg (soit 120000 livres). Pete Docter, codirecteur d'Up, a déclaré que les techniciens de Pixar estimaient qu'il faudrait environ 23,5 millions de ballons.
Pour mémoire, les animateurs Pixar ont utilisé 20 622 ballons dans la scène où la maison a décollé pour la première fois et 10 297 ballons dans d'autres scènes - pas assez d'après la variété des calculs ci-dessus.

Document 6, source : https://www.wired.com/2009/05/how-pixars-up-house-could-really-fly/ (traduction automatique; les unités anglaises/américaines originales ont été converties en unités usuelles en Belgique)

Comment la maison de Pixar pourrait vraiment voler

ALEXIS MADRIGAL, 29/05/2009 15h38



La vanité de la nouvelle épopée de dessin animé *Disney/Pixar*, *Up*, est que la maison d'un vieil homme s'attache à un tas de ballons d'hélium qui le soulèvent de la ville et dans une merveilleuse aventure.
Cela a fait réfléchir *Wired Science* : cela pourrait-il réellement fonctionner ? Et si oui, de combien de ballons auriez-vous besoin ?
Nous avons appelé Wolfe House Movers, qui se spécialise dans le déplacement de vieilles structures et nous avons demandé à Kendal Siegrist, le directeur, de jeter un coup d'œil aux images du film pour voir combien la maison pourrait peser.
"Un bâtiment comme celui-là, vous auriez un peu plus de 45 359 kg", a déclaré Siegrist.
Ensuite, nous avons fait quelques calculs. L'air pèse environ 1,293 gramme par litre ; l'hélium ne pèse que 0,1785 kg par mètre cube. Un ballon à hélium subit une force ascendante qui le fait flotter égale au poids du volume d'air qu'il déplace moins son propre poids.
Un calcul plus simple - 100 000 livres (masse de la maison) divisées par 0,067 livre par pied cube (masse que peut soulever un pied cube d'hélium) - et vous avez qu'il faudrait 1 492 537 pieds cubes d'hélium pour soulever la maison. Bien sûr, vous auriez besoin de plus de ballons pour continuer à la soulever, mais c'est notre minimum.
Maintenant, supposons que vous ayez un tas de ballons sphériques de 90 cm de diamètre. Ils ont un volume de 4,29768m^3, vous auriez donc besoin de 105854 d'entre eux remplis d'hélium pour soulever la maison. Regardant l'amas de ballons au-dessus de la maison de *Up*, disons qu'en moyenne, il y a 40 ballons de diamètre et de profondeur et 70 ballons de haut. Faites les calculs et il pourrait y avoir 112 000 ballons là-dedans.
(…)

Les fans de ballons en grappe font en fait ce genre de chose, mais avec des gens dans des harnais, pas d'énormes maisons, et ils utilisent généralement beaucoup moins de ballons. Ils ont tendance à utiliser des ballons plus gros, par exemple, six pieds de diamètre. Vous n'en auriez besoin que de 13 208.
Mais même si vous pouviez obtenir les ballons et un sacré câble solide, une maison pourrait-elle être tirée du haut comme ça ?
"Si vous essayez de la soulever, selon ce que vous faites, vous pouvez le faire", a déclaré Siegrist, "mais pour la plupart, vous voulez que la maison supporte le poids sur ses fondations."
La façon dont les vrais déménageurs professionnels s'y prennent consiste à pénétrer dans le sous-sol de la maison et à la soulever par le bas.
"La théorie de notre activité consiste à remplacer les fondations par des poutres en acier, qui peuvent ensuite être transportées partout où cela est nécessaire, la maison bénéficiant simplement d'un transport gratuit", a-t-il déclaré.

Document 7, source : https://nerdist.com/article/can-balloons-really-lift-pixar-up-house-video/ (traduction automatique)

La maison de up ! aurait besoin de 31 millions de ballons pour flotter réellement

Eric Diaz

C'est l'une des images les plus indélébiles de toute la bibliothèque de films Pixar. Nous parlons de la maison d'Up, soulevée en l'air par des milliers de ballons, qui a embarqué Carl et Russell dans leur aventure. Bien sûr, nous savons qu'une telle chose est impossible. Nous nous efforçons de « suspendre l'incrédulité ». Après tout, nous achetons des voitures et des jouets parlants qui prennent vie, et c'est encore plus facile à accepter. Mais sommes-nous *totalement* sûrs que c'est une impossibilité physique ?
Une nouvelle vidéo de la chaîne YouTube *Corridor Crew* (via *Digg*, https://www.youtube.com/watch?v=dZsp1tgXkUI&feature=emb_logo) explore le nombre de ballons qu'il faudrait réellement pour effectuer un tel miracle. Il s'avère que c'est beaucoup plus que quelques milliers. Comment se représenter 31 150 319 ? Nous ne sommes même pas sûrs que ces nombreux ballons existent.
Une maison a en fait été soulevée par des ballons une fois, comme nous le rappelle la vidéo. Mais elle était toute à fait minuscule et vidée de tout ce qui se trouvait à l'intérieur. Imaginez-la comme à une niche surdimensionnée. Cela ressemble beaucoup plus à cela qu'à une vraie maison humaine avec de la plomberie, des meubles et tout ce genre de choses. Pourtant, il a été suspendu dans les airs jusqu'à 10 000 pieds. Donc, quelqu'un a réalisé le fantasme *Up*, même s'il devait couper les coins pour le faire.

Disney/Pixar

De manière générale, cependant, en utilisant des ballons d'hélium ? Ce n'est probablement pas tant une bonne idée pour enlever une vraie maison de ses fondations. Mais un ballon à vide géant, 75 mètres de large ? Maintenant, *cela* pourrait éventuellement faire l'affaire ici. Mais vous savez ce que dit le dicton : "Les enfants, n'essayez pas ça à la maison." Une partie du plaisir de cette vidéo est de voir les reconstitutions d'effets visuels de ce à quoi ressemblerait vraiment la vie d'une maison haut dans les airs de cette façon. Disons simplement que vous ne voudriez probablement pas baisser les yeux.

Document 8, source : https://www.mentalfloss.com/article/642260/how-many-balloons-to-lift-pixar-up-house (traduction automatique)

Voyez combien de ballons il faudrait pour soulever la maison du film Up de Pixar

PAR MICHELE DEBCZAK 12 FÉVRIER 2021

DISNEY, PIXAR

Les films Pixar demandent aux spectateurs de suspendre leur incrédulité. Les jouets ne parlent pas vraiment, les super-héros n'existent pas et les petites personnes dans nos têtes ne contrôlent pas nos émotions. Up (2009), qui met en scène une maison qui voyage en Amérique du Sud grâce à des milliers de ballons, ne vise pas le réalisme, mais il est plus plausible que les autres films du studio d'animation. Pour faire entrer Up dans le monde réel, les animateurs ont simplement ajouté des dizaines de millions de ballons à la maison de Carl.

Comme le rapporte Nerdist, la vidéo ci-dessous de Corridor Crew visualise exactement le nombre de ballons qu'il faudrait pour transporter une maison dans la vraie vie. Pete Doctor, le réalisateur de Up, explique dans un clip que l'équipe s'est arrêtée à environ 10 000 ballons après avoir réalisé qu'obéir aux lois de la physique rendrait l'animation du film impossible.

https://www.youtube.com/watch?v=dZsp1tgXkUI&feature=emb_logo

La chaîne YouTube Film Theory a calculé que 31 150 319 ballons de fête seraient nécessaires pour soulever une maison du sol comme on le voit dans Up. C'est un chiffre difficile à se représenter pour la plupart des gens. À titre de comparaison, Cleveland, dans l'Ohio, a établi le record du plus grand lâcher de ballons jamais réalisé en 1986, et cet événement ne comptait que 1,5 million de ballons. Cette quantité a suffi à clouer les avions au sol, à provoquer des accidents de la route et à plonger la ville dans un chaos généralisé.

Cette vidéo utilise une impressionnante simulation informatique pour montrer à quoi ressembleraient 31 millions de ballons dans la vie réelle. Les ballons en images de synthèse sont montrés en train de suivre les courants du vent comme une mer flottante et arc-en-ciel. Gonfler tous ces ballons serait peu pratique pour une équipe entière de personnes, sans parler d'un homme âgé vivant seul.

[h/t Nerdist]

Document 9, source : https://slate.com/news-and-politics/2009/06/how-many-balloons-would-it-take-to-lift-a-house-like-the-one-in-pixar-s-up.html (traduction automatique)

Combien de ballons faudrait-il pour soulever une maison ?

NINA SHEN RASTOGI, 04 JUIN 200918:35

Dans le nouveau film de Pixar, Up, un vieil homme grincheux nommé Carl attache des milliers de ballons à sa maison et part pour une aventure aérienne extraordinaire en Amérique du Sud. Plusieurs lecteurs d'*Explainer* se sont alors interrogés : Combien de ballons faut-il pour soulever une maison ?
Entre 100 000 et 23,5 millions. Le chiffre le plus bas provient du blog *Wired Science*, qui s'est essayé à ce calcul la semaine dernière. Après avoir consulté un déménageur, *Wired* a estimé que la maison de Carl dans Up pèserait environ 100 000 livres (soit 45 359kg). (La plupart des maisons pèsent entre 36287kg et 72574kg.) Sachant qu'un mètre cube d'hélium peut soulever 0,09970698491kg, il faudrait 454922,993 mètres cubes d'hélium pour soulever la maison, soit à peu près la quantité contenue dans 105 854 ballons de 90 cm de diamètre chacun.
Ce chiffre ne tient toutefois pas compte du poids des ballons eux-mêmes. Un ballon en latex d'un mètre de diamètre (plus grand que le ballon de fête moyen, mais plus petit que ceux utilisés dans le sport extrême, le *cluster-ballooning* pèse environ 28,3495g. Ainsi, 105 854 d'entre eux ajouteraient 3000,514kg au poids de la maison. Le poids des cordes doit également être pris en compte. (Un commentateur de *Wired Science* estime qu'un "gréement non optimal" nécessiterait environ 816,4663 kilogrammes de corde). L'article de *Wired* indique qu'il faudrait davantage de ballons pour soulever la maison de Carl au-dessus de la couverture nuageuse, mais selon les spécialistes des ballons en grappe, ce n'est pas forcément vrai. Si les ballons sont fabriqués dans un matériau élastique comme le latex et n'ont pas été entièrement gonflés au préalable, ils se dilateront au fur et à mesure qu'ils s'élèveront dans l'atmosphère plus fine, ce qui devrait permettre à la maison de s'élever régulièrement.

Si Carl essayait d'utiliser de bons vieux ballons de fête pour faire voler sa maison, il lui en faudrait beaucoup plus. Un ballon de fête typique, d'un diamètre de 30,48cm, avec un ruban de 66,04cm, peut soulever 4,8 grammes, soit environ 0,17 once. En supposant que ces ballons plus fragiles puissent résister à la tension, et sans compter la ficelle supplémentaire qui serait nécessaire, il faudrait plus de 9,4 millions de ballons pour soulever la maison de Carl.
De son côté, le codirecteur de *Up*, Pete Docter, a récemment déclaré au magazine *Ballooning* que les techniciens de Pixar avaient estimé qu'il fallait 23,5 millions de ballons de fête pour soulever une maison de 1 800 pieds carrés comme celle de Carl, bien que l'on ne sache pas exactement quelle taille de ballon ils ont utilisée pour faire leurs calculs. (Dans le film, les animateurs ont utilisé 20 622 ballons pour la séquence de décollage, mais la plupart des autres scènes flottantes n'en utilisent que 10 297).

Ces chiffres supposent tous que la maison de Carl est simplement soulevée du sol. Dans le film, cependant, la maison de Carl se détache de ses fondations, ce qui nécessiterait probablement une augmentation considérable du nombre de ballons nécessaires. (Il faut savoir qu'en cas de tempête, le déplacement d'une maison hors de ses fondations nécessite des vents d'environ 120 mph, ce qui correspond à un ouragan de catégorie 3). De plus, si la grappe était suffisamment grande pour avoir une telle force de levage, la maison ne flotterait pas tranquillement après avoir été détachée, comme c'est le cas dans le film, mais elle s'envolerait comme une fusée. Un autre physicien a contesté la manière dont les ballons ont été déployés dans le film, notant que Carl ne semblait pas avoir pris en compte la nécessité d'une ancre pour maintenir la maison en place jusqu'à ce qu'il soit prêt à lâcher ses ballons.

Explication en prime : Est-il légal de s'envoler avec une maison volante ? Pas sans la certification adéquate. La plupart des systèmes de ballons en grappe, qui transportent un pilote solo dans un harnais ou un fauteuil, sont considérés comme des véhicules ultralégers, à l'instar des deltaplanes ou des parapentes. En vertu de la réglementation fédérale relative aux aéronefs, les pilotes de ces véhicules doivent respecter certaines règles, notamment ne voler que pendant la journée et rester en dehors de certains espaces aériens. Mais la maison de Carl dépasserait clairement le seuil des 155 livres pour les véhicules ultralégers non motorisés, ce qui signifie qu'il devrait faire certifier sa maison comme un aéronef expérimental en état de navigabilité par la *Federal Aviation Administration*. Les inspecteurs s'appuieraient probablement sur des directives conçues pour les "ballons libres habités" pour déterminer si la maison de Carl est sûre pour le ciel américain.

L'Explorateur remercie Rhett Allain de la Southeastern Louisiana University, John Ninomiya de Clusterballoon.org et Jonathan Trappe de ClusterBalloon.com.

Document 10

Tableau des masses volumiques usuelles

Liquides	**Masse volumique en kg/m³**	**Solides**	**Masse volumique en kg/m³**
Alcool éthylique	791	Aluminium	2699
Alcool méthylique	810	Argent	6691
Eau pure (4°C)	1000	Carbone	1800 – 2100
Eau de mer	1023	Cobalt	8900
Ether	736	Cuivre	8920
Glycérine	1260	Etain	7280
Lait	1028 - 1035	Fer	7860
Pétrole	800	Magnésium	1741
Vinaigre	1040	Manganèse	7420
Huile d'olive	918	Mercure	13596
Gaz	**Masse volumique en g/L**	Nickel	8900
Air	1,293	Or	19300
Diazote	1,25051	Platine	21370
Dioxyde de carbone	1,8042	Plomb	11344
Hélium	0,1785	Potassium	870
Dihydrogène	0,0899	Sodium	970
Ozone	2,14	Soufre	2000
Propane	2,01	Zinc	7400

Document 11

Conversion d'unités et formules

1 lb (livre) = 0,454 kg (kilogramme)

1 gal (gallon américain) = 3,78541 L (litre)

1 cu ft (pied cube) = 28,31685 L (litre)

1 ft (pied) = 0,3048 m (mètre)

1 in (pouce) = 0,0254 m (mètre)

1 mph (milles par heure) = 1,60934 km/h (kilomètre par heure)

$V_{sphère} = \frac{4}{3}.\pi.r^3, où\ r = le\ rayon\ de\ la\ sphère$

g = 9,81 N/kg

… et toutes les formules à disposition dans ton cours.

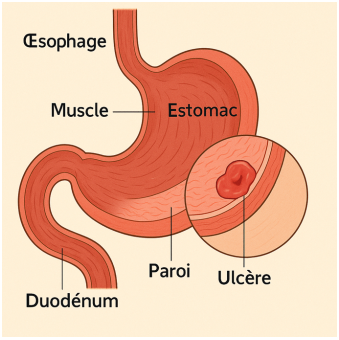
Annexe 4 : La démarche d'investigation, la neutralisation en chimie

NOM : Prénom : Classe : Date :
Modalités : Seul/Groupe Domicile/Classe Sans/Avec manipulation

La réaction de neutralisation entre un acide et une base (ou hydroxyde)

Démarche comparable aux pages 35 et 36 du cours.

Mise en situation : certaines personnes peuvent souffrir d'ulcères (lésions) d'estomac.



L'estomac utilise des sucs gastriques (eau, chlorure d'hydrogène et enzymes) pour dégrader la nourriture que nous ingérons. Pour le protéger de l'action de ces sucs sur sa propre paroi, il est recouvert d'une muqueuse très épaisse. La régénération de cette muqueuse peut être perturbée et une lésion peut apparaitre. Ce « trou » dans la paroi de l'estomac est appelé un ulcère. Le lait de magnésie (hydroxyde de magnésium) est parfois prescrit à faible dose comme antiacide pour neutraliser l'acidité stomacale. Il réagit avec le chlorure d'hydrogène pour former du chlorure de magnésium. Imagine une expérience permettant de vérifier cette réaction de neutralisation qui se produit dans l'estomac lorsque l'on met ces deux substances en présence. Aide-toi du document sur les indicateurs colorés et leur zone de virage.

a) Quelles peuvent en être les causes ?

……

b) L'estomac contient un suc digestif, lequel ? ……

c) Ce suc digestif renferme naturellement un acide, lequel ?……

d) Lorsque celui-ci provoque des aigreurs, du brûlant, on peut en diminuer les effets par la prise d'un médicament à base de ……

- **Donc pour neutraliser l'effet de l'acide (HCl), on le fait réagir avec un hydroxyde (ici $Mg(OH)_2$).**
- **En sachant que lors de cette réaction, il se forme également de l'eau, établis l'équation pondérée de celle-ci.**

……

NOM : Prénom : Classe : Date :
Modalités : Seul/Groupe Domicile/Classe Sans/Avec manipulation

- Imagine une expérience permettant de vérifier la réaction de neutralisation qui se produit dans l'estomac lorsqu'on met en présence ces 2 corps.
- Aide-toi du document sur les indicateurs colorés (p23-24).

Matériel et produits :

Mode opératoire :

-

-

-

-

Schémas :

Observations :

Conclusion :

Annexe 5 : Guide des entretiens semi-directifs

Nous vous remercions déjà pour votre participation. Les questions que l'on va vous poser portent sur les pauses métacognitives que vous avez vécues depuis le début de l'année avec Monsieur Kariger. Nous vous demandons de répondre sincèrement, vos réponses n'influencent pas vos résultats scolaires. Exprimez-vous librement.

Question 1 :

Selon vous, qu'est-ce qu'une pause métacognitive ?

Question 2 :

Est-ce que c'est une démarche que vous avez facile à réaliser ?

Question 3 :

Comment pourrait-elle être améliorée pour que vous la réalisiez plus facilement ?

Question 4 :

Pensez-vous que vivre cette pause et vous poser la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? » est efficace pour vous ? Est-ce que ça vous aide à mieux comprendre ?

Question 5 :

Est-ce que réaliser cette pause métacognitive vous aide à émettre plus facilement des hypothèses ? à interpréter ? Selon vous, comment mener une pause peut vous aider ?

Question 6 :

A la fin d'une pause métacognitive, l'enseignant propose de partager les idées des uns et des autres et d'en discuter en quelques mots. Pensez-vous qu'il s'agisse d'un moment important dans la démarche ? Pourquoi ?

Question 7 :

Avez-vous des remarques sur le dispositif vécu jusqu'à présent ?

Merci pour vos réponses. Nous vous proposerons de répondre encore une fois à quelques questions d'ici 4 semaines.

Annexe 6 : Questionnaire soumis au terme de l'étude 2

Perceptions sur la recherche vécue

Durant les 5 semaines qui viennent de s'écouler, tu as vécu une recherche en pédagogie.
Tu as vécu certains moments particuliers, tu as répondu à des questions, tu as mené une démarche d'investigation à partir de la situation particulière d'une maison volante.
Il est à présent temps de faire le bilan de ce que tu as vécu.
Réponds avec le plus de sincérité et de précisions aux quelques questions posées ci-après.
Encore une fois, nous te remercions pour ton aide précieuse!

1

Afin de relier tes réponses aux dispositifs spécifiques que tu as vécu, nous avons besoin de connaitre ton **nom** et ton **prénom**.

Les réponses formulées ne sont pas anonymes mais sache qu'elles n'influencent en rien le traitement de tes données dans le cadre de cette recherche. Au contraire, plus tes réponses seront précises, mieux ce sera pour l'analyse que nous en faisons. Nous te remercions pour ta sincérité.

2

Lors de la première leçon, tu as été informé.e sur ce que sont les stratégies métacognitives et les pauses métacognitives que tu as vécues. Peux-tu expliquer avec tes mots ce qu'est une pause métacognitive (ou une stratégie métacognitive)?

3

Nous avons également parler "d'activer son contrôle inhibiteur". Peux-tu expliquer avec tes mots ce dont il s'agit?

4

Voici plusieurs affirmations.
Nous te demandons de préciser à quel point tu es d'accord ou pas avec celles-ci.

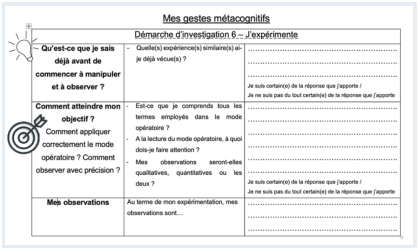
	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
La mise en oeuvre d'une pause métacognitive me semble utile.	○	○	○	○
Par moi-même, j'appliquerai encore cette pause métacognitive dans le cours de sciences.	○	○	○	○
Dans le futur, j'appliquerai une pause métacognitive dans différentes situations scolaires.	○	○	○	○
C'est facile de se mettre en pause métacognitive.	○	○	○	○
L'image que montrait l'enseignante m'aidait à me mettre en pause.	○	○	○	○
Les questions métacognitives sont évidentes et j'y réponds facilement.	○	○	○	○
Faire une pause métacognitive m'aide à structurer ma pensée.	○	○	○	○

Faire une pause métacognitive m'aide à produire une meilleure réponse.	○	○	○	○
Je ne vois pas l'intérêt de faire une pause métacognitive.	○	○	○	○
Après avoir répondu personnellement aux questions métacognitives, je trouve que c'est intéressant d'en discuter avec l'enseignante et la classe.	○	○	○	○
Se mettre en pause métacognitive peut avoir du sens dans la vie de tous les jours.	○	○	○	○
Le fait que l'enseignant énonce à haute voix les questions métacognitives m'aide à les comprendre et à y répondre.	○	○	○	○
Si l'enseignante arrête d'activer la pause métacognitive, j'ai pris l'habitude de le faire par moi-même.	○	○	○	○
La présentation des questions sous la forme d'un tableau m'aide à réaliser la pause métacognitive.	○	○	○	○

5

As-tu trouvé qu'il était plus facile de répondre aux questions métacognitives au fur et à mesure du cours? Si oui, explique pourquoi.

6



Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation 6 – J'expérimente

Qu'est-ce que je sais déjà avant de commencer à manipuler et à observer ?	- Quelle(s) expérience(s) similaire(s) ai-je déjà vécue(s) ?	..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment appliquer correctement le mode opératoire ? Comment observer avec précision ?	- Est-ce que je comprends tous les termes employés dans le mode opératoire ? - A la lecture du mode opératoire, à quoi dois-je faire attention ? - Mes observations seront-elles qualitatives, quantitatives ou les deux ?	..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Mes observations	Au terme de mon expérimentation, mes observations sont...	.....

La feuille reprenant les questions et sous-questions métacognitives t'a-t-elle aidé à réaliser les pauses métacognitive? Explique avec précision tes idées.

7

Suite aux différentes temps de pause métacognitive vécus, penses-tu à des façons d'améliorer ce que tu as vécu? As-tu des critiques (positives ou négatives) à émettre, dans le but d'améliorer le dispositif pour une autre classe? As-tu des conseils à formuler?

8

Es-tu diagnostiqué.e "élève à besoin spécifique" (TDAH, haut potentiel, trouble dys...)?

Si non, marque un point dans la zone de réponse. Si oui, écris avec précision le diagnostique posé.

9

Le français est-il ta langue maternelle?

- Oui
- Non

10

Quelle est ta classe?

11

Quelles sont tes options à l'école?

12

Pratiques-tu un sport à haut niveau? Si oui, lequel?

13

Si une réponse nous interpelle, acceptes-tu que l'on vienne en discuter avec toi?

- Oui
- Non

14

As-tu encore des informations à partager?

Ce contenu n'a pas été créé ni n'est approuvé par Microsoft. Les données que vous soumettez sont envoyées au propriétaire du formulaire.

Microsoft Forms

Annexe 7 : Questionnaire soumis au terme de l’étude 3

4 - Je donne mon avis sur la recherche vécue durant cette année

Depuis octobre dernier, tu as vécu des pauses métacognitives spécifiques.
Nous te demandons d'exprimer ton ressenti sur cette démarche vécue spécifiquement durant ces derniers mois écoulés.
Sois sincère dans tes réponses. Tes réponses n'influencent pas tes résultats de l'année et ne sont utilisées que dans le cadre de la recherche menée.

* Obligatoire

1

Lors de la première leçon, tu as été informé.e sur ce que sont les stratégies métacognitives et les pauses métacognitives que tu as vécues. Peux-tu expliquer avec tes mots ce qu'est une pause métacognitive (ou une stratégie métacognitive)? *

2

Nous avons également parler "d'activer son contrôle inhibiteur". Peux-tu expliquer avec tes mots ce dont il s'agit? *

3

Pour chaque affirmation, précise si tu es en accord ou en désaccord avec ce qui est exprimé. Ces affirmations portent sur le vécu depuis octobre 2022 jusqu'à présent dans les cours de sciences. *

Situe ta réponse entre "pas du tout d'accord", "pas d'accord", "d'accord" et "tout à fait d'accord".

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
Je comprends l'intérêt de mener une pause métacognitive.	◯	◯	◯	◯
Il est facile pour moi d'exprimer oralement mes réflexions sur le vécu durant les pauses métacognitives.	◯	◯	◯	◯
J'apprécie mener la démarche des pauses métacognitives vécue en classe.	◯	◯	◯	◯
Je pense que mener des				

pauses métacognitives m'aide à mieux comprendre la matière.	◯	◯	◯	◯
J'exprime facilement mes idées, lorsque je lis la question « Qu'est-ce que je sais déjà? ».	◯	◯	◯	◯
Après avoir répondu à la question « Qu'est-ce que je sais déjà? », j'émets plus facilement des hypothèses.	◯	◯	◯	◯
Après avoir répondu à la question « Qu'est-ce que je sais déjà? », je propose plus facilement des interprétations.	◯	◯	◯	◯
Lorsque l'enseignant propose que chacun puisse partager ses idées à la classe, il m'est facile d'exprimer oralement mes idées.	◯	◯	◯	◯
Après avoir mené une				

mené une pause métacognitive, je me sens davantage capable d'émettre des hypothèses.	◯	◯	◯	◯
Après avoir mené une pause métacognitive, je me sens davantage capable de proposer une interprétation.	◯	◯	◯	◯
Réaliser une pause métacognitive est une source de stress.	◯	◯	◯	◯
Prendre le temps de réfléchir avant de m'exprimer m'aide à mieux formuler mes idées.	◯	◯	◯	◯
Pour structurer ma pensée, je préfère m'exprimer à l'écrit.	◯	◯	◯	◯
Pour structurer ma pensée, je préfère m'exprimer oralement.	◯	◯	◯	◯

4

Voici plusieurs affirmations.
Nous te demandons de préciser à quel point tu es d'accord ou pas avec celles-ci.

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
La mise en oeuvre d'une pause métacognitive me semble utile.	◯	◯	◯	◯
Par moi-même, j'appliquerai encore cette pause métacognitive dans le cours de sciences.	◯	◯	◯	◯
Dans le futur, j'appliquerai une pause métacognitive dans différentes situations scolaires.	◯	◯	◯	◯
C'est facile de se mettre en pause métacognitive	◯	◯	◯	◯

L'image que montrait l'enseignant m'aidait à me mettre en pause.	◯	◯	◯	◯
Les questions métacognitives sont évidentes et j'y réponds facilement.	◯	◯	◯	◯
Faire une pause métacognitive m'aide à structurer ma pensée.	◯	◯	◯	◯
Faire une pause métacognitive m'aide à produire une meilleure réponse.	◯	◯	◯	◯
Je ne vois pas l'intérêt de faire une pause métacognitive.	◯	◯	◯	◯
Après avoir répondu personnellement aux questions métacognitives, je trouve que c'est intéressant d'en discuter avec l'enseignant et la classe.	◯	◯	◯	◯

Se mettre en

pause métacognitive peut avoir du sens dans la vie de tous les jours.	◯	◯	◯	◯
Le fait que l'enseignant énonce à haute voix les questions métacognitives m'aide à les comprendre et à y répondre.	◯	◯	◯	◯
Si l'enseignante arrête d'activer la pause métacognitive, j'ai pris l'habitude de le faire par moi-même.	◯	◯	◯	◯
La présentation des questions sous la forme d'un tableau m'aide à réaliser la pause métacognitive.	◯	◯	◯	◯
C'est important pour moi de partager mes idées oralement avec les autres élèves de la classe pour m'aider à comprendre.	◯	◯	◯	◯

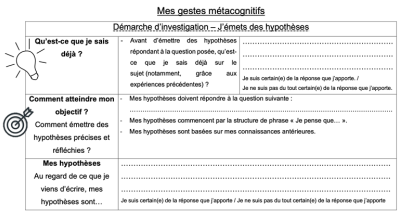
Je préfère partager mes idées oralement avec toute la classe.	◯	◯	◯	◯
Je préfère partager mes idées oralement en petits groupes, avec quelques élèves.	◯	◯	◯	◯
Je pense que le rôle de mon enseignant est essentiel pour améliorer mes idées lorsque je m'exprime oralement en classe.	◯	◯	◯	◯

5

As-tu trouvé qu'il était plus facile de répondre aux questions métacognitives au fur et à mesure des cours? Si oui, explique pourquoi. *

6

La feuille reprenant les questions et sous-questions métacognitives t'a-t-elle aidé à réaliser les pauses métacognitive? Explique avec précision tes idées. *



Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : ..... - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

7

Suite aux différentes temps de pause métacognitive vécus, penses-tu à des façons d'améliorer ce que tu as vécu? As-tu des critiques (positives ou négatives) à émettre, dans le but d'améliorer le dispositif pour une autre classe? As-tu des conseils à formuler? *

8

Voici plusieurs affirmations.
Nous te demandons de préciser à quel point tu es d'accord ou pas avec celles-ci.

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
Développer mon contrôle inhibiteur est essentiel pour donner de meilleures réponses.	◯	◯	◯	◯
L'entraineme nt proposé développer mon contrôle inhibiteur est facile.	◯	◯	◯	◯
Si je continue à avoir accès à la plateforme d'entraineme nt, je continuerai à entrainer mon contrôle inhibiteur.	◯	◯	◯	◯
Je comprends l'intérêt d'entrainer mon contrôle inhibiteur	◯	◯	◯	◯

inhibiteur.

Je pense que l'entrainement suivi tout au long de l'année m'aide à produire de meilleures réponses à présent.	◯	◯	◯	◯
Je souhaite continuer à entrainer mon contrôle inhibiteur l'année prochaine.	◯	◯	◯	◯
Entrainer mon contrôle inhibiteur m'aide à mieux comprendre le cours de sciences.	◯	◯	◯	◯
Entrainer mon contrôle inhibiteur m'aide à mieux réaliser les exercices de physique.	◯	◯	◯	◯
Entrainer mon contrôle inhibiteur m'aide à mieux réaliser les exercices de biologie.	◯	◯	◯	◯
Entrainer mon contrôle inhibiteur m'aide à mieux réaliser les	◯	◯	◯	◯

réaliser les exercices de chimie.				
Entrainer mon contrôle inhibiteur m'aide à ne pas tomber dans des pièges dans des exercices de sciences.	◯	◯	◯	◯
Entrainer mon contrôle inhibiteur peut avoir de l'intérêt dans mon quotidien.	◯	◯	◯	◯
Je pense qu'en prenant le temps de réfléchir, je produis de meilleures réponses.	◯	◯	◯	◯
Je dois lutter pour ne pas répondre trop vite.	◯	◯	◯	◯

Quelques informations statistiques

Afin de mettre en relation ce questionnaire avec les dispositifs vécus, il est nécessaire de collecter tes données personnelles. Les réponses formulées ne sont pas anonymes mais sache qu'elles n'influencent en rien le traitement de tes données dans le cadre de cette recherche. Au contraire, plus tes réponses seront précises, mieux ce sera pour l'analyse que nous en faisons. Les informations collectées n'influencent en rien tes résultats et ne sont utilisées que dans le cadre de la recherche menée. Nous te remercions pour ta sincérité.

9

Quel est ton nom? *

10

Quel est ton prénom? *

11

Quelle est ta date de naissance? *

12

Quel est ton genre? *

- ◯ Féminin
- ◯ Masculin
- ◯ Autre

13

Es-tu diagnostiqué.e "élève à besoin spécifique" (TDAH, haut potentiel, trouble dys...)? *

Si non, marque un point dans la zone de réponse. Si oui, écris avec précision le diagnostique posé.

14

Le français est-il ta langue maternelle? *

- ◯ Oui
- ◯ Non

15

Pratiques-tu un sport à haut niveau? Si oui, lequel?

16

Quelle est ta classe? *

17

Quelles sont tes options de cours cette année? *

18

As-tu encore des informations à partager? *

Annexe 8 : Données de l'échantillon de l'étude 1 comparées aux données de la Fédération Wallonie-Bruxelles

Tableau 62. Comparaison des valeurs de l'échantillon de l'étude 1 à la population d'enseignants en FWB (par province)

	Pourcentage des enseignants par province dans l'échantillon collecté	Pourcentage des enseignants par province selon les chiffres officiels de la Fédération Wallonie-Bruxelles
Province de Brabant wallon	7%	7%
Région de Bruxelles-Capitale	15%	24%
Province de Hainaut	18%	29%
Province de Liège	22%	22%
Province de Luxembourg	2%	7%
Province de Namur	17%	11%
Données non spécifiées	19%	/

Tableau 63. Comparaison des valeurs de l'échantillon de l'étude 1 à la population d'enseignants en FWB (par ancienneté)

	Pourcentage des enseignants en fonction de leur ancienneté dans l'échantillon collecté	Pourcentage des enseignants en fonction de leur ancienneté en Fédération Wallonie-Bruxelles
« Jeune enseignant » entre 1 à 4 ans d'ancienneté et étudiant en formation	38%	23%
Ancienneté de 5 à 10 ans	16,5%	18,5%
Ancienneté de 11 à 20 ans	23%	30%
Ancienneté de 21 à 30 ans	14,5%	19,5%
Ancienneté de 31 à 40 ans	8%	9%

Annexe 9 : Exemples de traces écrites lors des pauses métacognitives de l'étude 2

Exemples de traces écrites lors de pauses métacognitives préalables à l'émission d'hypothèses d'un élève ayant plus de 40/71 au post-test :

Pause métacognitive 1

Qu'est-ce que je sais déjà ?

- J'énonce ce que j'ai déjà appris à l'école sur la poussée d'Archimède.
- J'énonce ce que j'ai découvert par moi-même sur la poussée d'Archimède.
- Est-ce que je suis sûr de ce que je sais ou est-ce que j'ai des doutes sur la façon dont les objets peuvent réagir ?

Je ne sais pas grand chose mais je pense que la poussée d'Archimède est une force exercée dans l'eau. Le bouchon va flotter, la boule de Noël va flotter et la bouteille vide aussi.

Quels sont les pièges à éviter ?

Pause métacognitive 3

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce à l'expérience précédente) ?	Il y a une force dans l'eau : poussée d'Archimède : le poids est le produit de la masse et de la gravitude (Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte /) Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Pause métacognitive 5

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	la poussée d'Archimède à une force égale à la force de l'objet (si il coule). Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / => Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Pause métacognitive 7

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	La poussée d'Archimède est une force exercée par le fluide verticalement sur un objet. PA = PVdép. de flde Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Pause métacognitive 9

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	Une pression est une force exercée sur une surface. Hydro → eau. donc dans l'eau. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Annexe 10 : Test de Shapiro-Wilk pour l'échantillon de l'étude 3

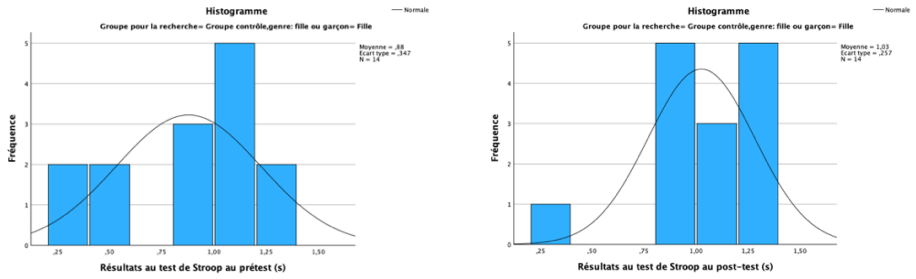
Afin d'appliquer des tests paramétriques en statistique, il convient que les données de l'échantillon soient distribuées normalement.

Avec un grand échantillon (N≥30), il est possible d'appliquer le théorème de la limite centrale considérant que plus l'échantillon en grand, plus il est probable que les données soient distribuées normalement.

À l'inverse, avec un échantillon plus restreint (N<30), il est nécessaire de vérifier la distribution normale des variables dans l'échantillon. Pour vérifier cela, le test de Shapiro-Wilk est tout indiqué. Si le test n'est pas significatif (p>0.05), alors la distribution est (probablement) normale. À l'inverse, si le test est significatif (p≤0.05), alors la distribution des données est significativement différente de la distribution normale. Field (2024) met en garde contre un usage trop systématique de ce test, car il manque de sensibilité avec des tailles d'échantillon plus petites. Il précise que, bien que l'usage de ce test soit recommandé, il convient de vérifier visuellement la distribution des données pour vérifier la normalité des données et déterminer dès lors s'il convient d'appliquer un test paramétrique ou non.

Dans le groupe contrôle, le sous-groupe des filles, les résultats au test de Stroop (N=14) : Le test Shapiro-Wilk n'est pas significatif (p=0,06 au prétest et p=0,08 au post-test). Selon cette valeur, nous pouvons rejeter l'hypothèse nulle et nous devons considérer les valeurs de l'échantillon distribuées normalement. Or, travaillant avec un petit échantillon, le test de Shapiro-Wilk peut présenter une limite à son analyse. En effet, en réalisant une analyse graphique des données, nous observons que les valeurs ne respectent pas une distribution normale, ce qui est en contradiction avec le test de Shapiro-Wilk. L'analyse graphique étant plus précise que le test de Shapiro-Wilk, nous considérons que les données ne sont pas distribuées normalement et qu'il convient dès lors d'utiliser un test non-paramétrique pour leur analyse.

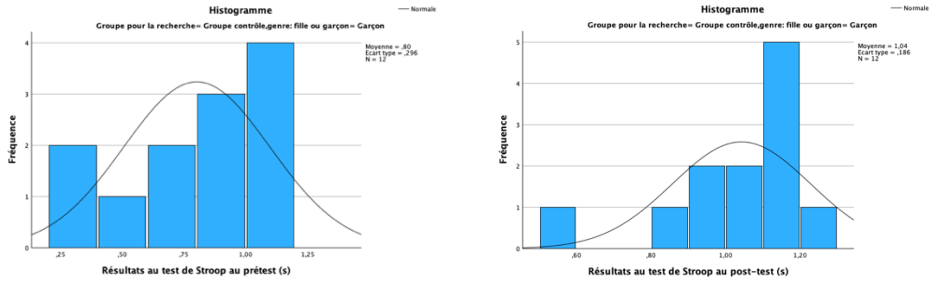
Figure 44. Analyse graphique de la normalité des résultats au test de Stroop dans le groupe 1 (C), sous-groupe du genre "fille"



Dans le groupe contrôle, le sous-groupe des garçons, les résultats au test de Stroop (N=12) : Le test Shapiro-Wilk n'est pas significatif pour le prétest (p=0,175) mais est significatif au post-test (p=0,012). Pour les données du prétest, nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle et nous devons considérer les valeurs de l'échantillon distribuées normalement. Or, travaillant avec un petit échantillon, le test de Shapiro-Wilk peut présenter une limite à son analyse. En effet, en réalisant une analyse graphique des données, nous observons que les valeurs ne respectent pas une distribution normale, ce

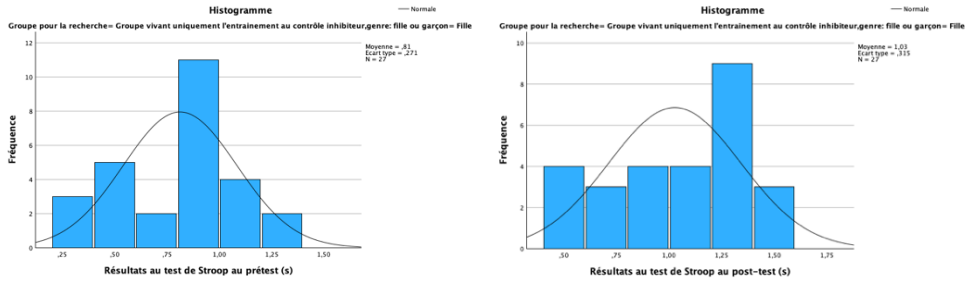
qui est en contradiction avec le test de Shapiro-Wilk. L'analyse graphique étant plus précise que le test de Shapiro-Wilk, nous considérons que les données ne sont pas distribuées normalement et qu'il convient dès lors d'utiliser un test non-paramétrique pour leur analyse. Pour le post-test, nous pouvons rejeter l'hypothèse nulle et considérer les données comme distribuées anormalement (ce qui en adéquation avec l'analyse graphique).

Figure 45.Analyse graphique de la normalité des résultats au test de Stroop dans le groupe 1 (C), sous-groupe du genre « garçon »



Dans le groupe vivant uniquement un entrainement au contrôle inhibiteur, le sous-groupe des filles, les résultats au test de Stroop (N=27) : Le test Shapiro-Wilk n'est pas significatif pour le prétest (p=0,201) mais est significatif au post-test (p=0,017). Pour les données du prétest, nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle et nous devons considérer les valeurs de l'échantillon distribuées normalement. Cette analyse est partiellement confirmée par l'analyse graphique. Nous considérons les valeurs distribuées normalement au prétest. Pour le post-test, nous pouvons rejeter l'hypothèse nulle et considérer les données comme distribuées anormalement (ce qui en adéquation avec l'analyse graphique). Disposant de résultats distribués normalement au prétest devant être comparés à des résultats distribués de façon asymétrique au post-test, nous utilisons un test non-paramétrique.

Figure 46. Analyse graphique de la normalité des résultats au test de Stroop dans le groupe 2 (CI), sous-groupe du genre « fille »



Dans le groupe vivant uniquement un entrainement au contrôle inhibiteur, le sous-groupe des garçons, l'ensemble des résultats (N=15) : Au regard de la taille de l'échantillon, il convient de nuancer la valeur obtenue au test de Shapiro-Wilk. Ainsi, en plus des résultats significatifs obtenus, nous réalisons une analyse graphique de la fréquence des résultats. Nous observons qu'ils ne répondent pas à une distribution normale. Nous acceptons dès lors l'application d'un test non-paramétrique.

Figure 47. Analyse graphique de la normalité des résultats au CCTT dans le groupe 2 (CI), sous-groupe du genre « garçon »

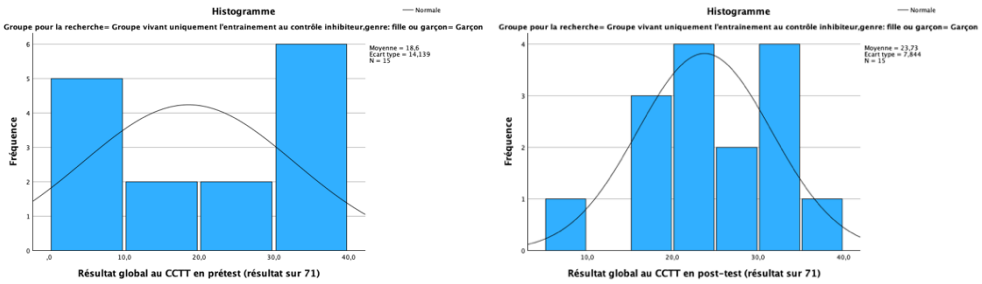


Figure 48. Analyse graphique de la normalité des résultats de la sous-compétence « induction » dans le groupe 2 (CI), sous-groupe du genre « garçon »

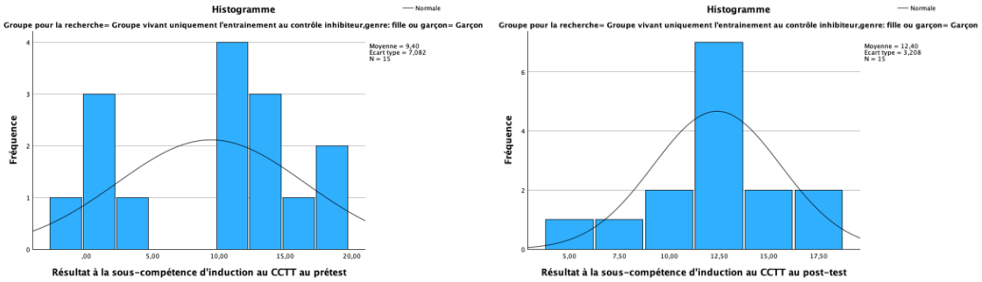


Figure 49. Analyse graphique de la normalité des résultats de la sous-compétence « déduction » dans le groupe 2 (CI), sous-groupe du genre « garçon »

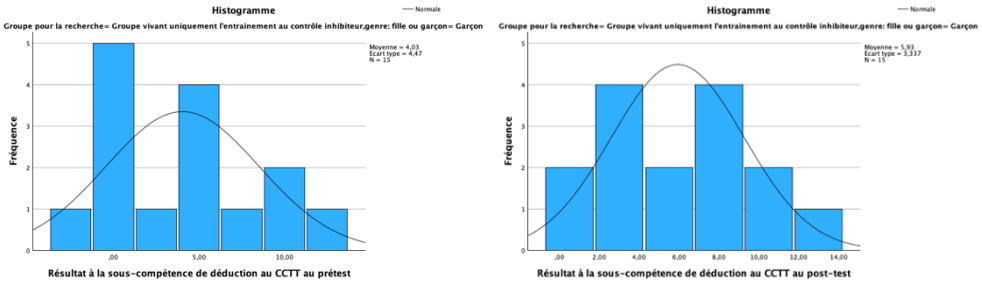


Figure 50. Analyse graphique de la normalité des résultats de la sous-compétence « observation » dans le groupe 2 (CI), sous-groupe du genre « garçon »

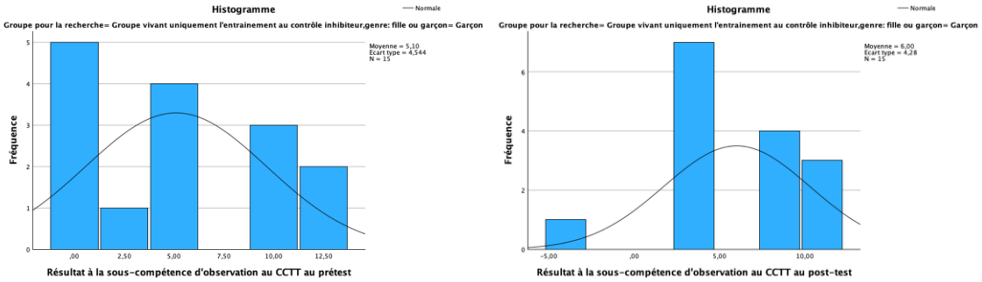


Figure 51. Analyse graphique de la normalité des résultats de la sous-compétence « crédibilité » dans le groupe 2 (CI), sous-groupe du genre « garçon »

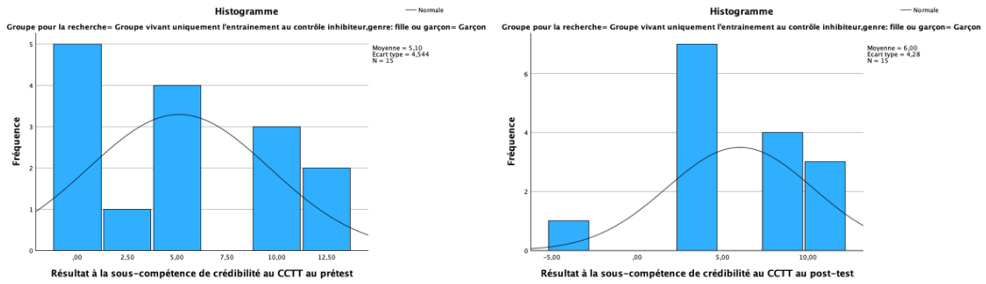


Figure 52. Analyse graphique de la normalité des résultats de la sous-compétence « hypothèse » dans le groupe 2 (CI), sous-groupe du genre « garçon »

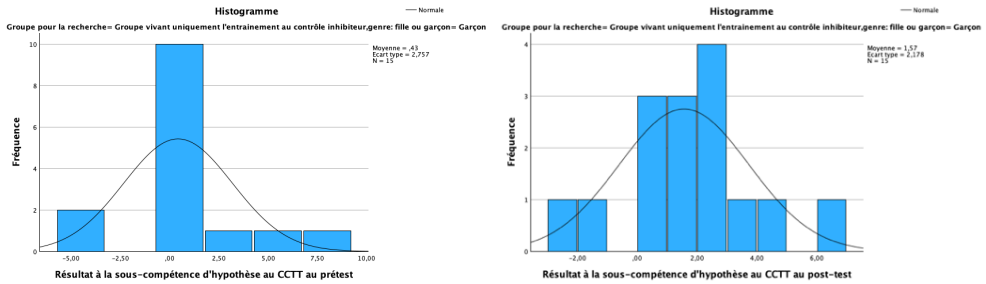
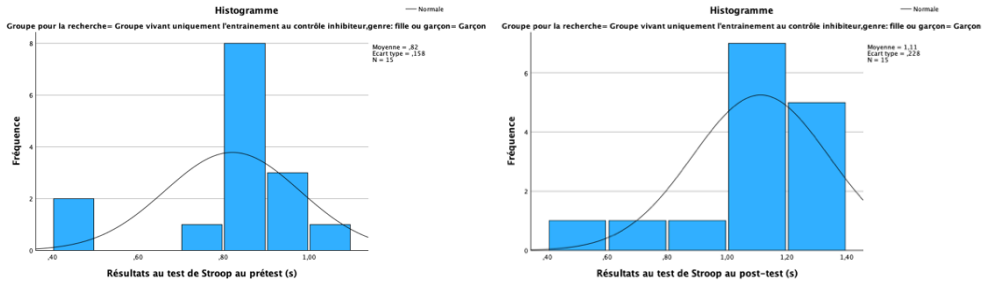


Figure 53. Analyse graphique de la normalité des résultats au test de Stroop dans le groupe 2 (CI), sous-groupe du genre « garçon »



<u>Dans le groupe vivant uniquement les pauses métacognitives, le sous-groupe des garçons, les résultats au test de Stroop (N=29)</u> : Le test Shapiro-Wilk n'est pas significatif pour le prétest (p=0,328) mais est significatif au post-test (p=0,007). Pour les données du prétest, nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle et nous devons considérer les valeurs de l'échantillon distribuées normalement. Cette analyse est partiellement confirmée par l'analyse graphique. Nous considérons les valeurs distribuées normalement au prétest. Pour le post-test, nous pouvons rejeter l'hypothèse nulle et considérer les données comme distribuée anormalement ; ce qui ne semble pas pleinement en adéquation avec l'analyse graphique. Au regard de cette analyse, nous serions tenté de considérer les valeurs distribuées normalement. Acceptant que le test de Wilcoxon peut convenir dans cette situation en étant moins précis que le test t à échantillons appariés, nous utilisons le test non-paramétrique.

Figure 54. Analyse graphique de la normalité des résultats au test de Stroop dans le groupe 3 (M), sous-groupe du genre « garçon »

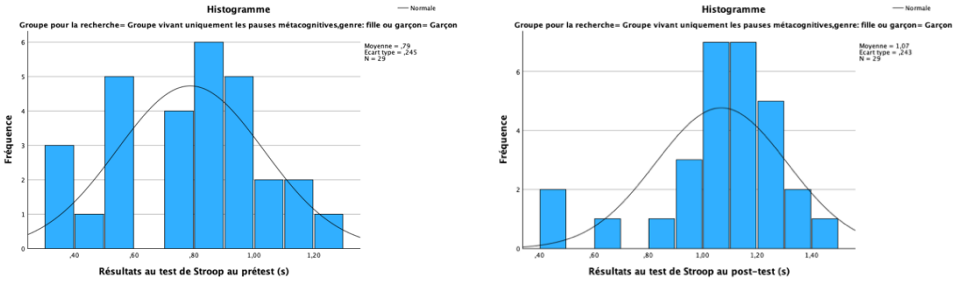


Tableau 64. Test de Shapiro-Wilk pour le sous-groupe de l'option scientifique

Tests de normalité (test de Shapiro-Wilk pour le sous-groupe de l'option scientifique)					
Groupe pour la recherche	option scientifique durant l'année		Shapiro-Wilk		
			Statistiques	ddl	Sig.
Groupe contrôle	Sciences de base (3h/semaine)	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,955	16	,578
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,893	16	,061
		cctt1_induction	,915	16	,141
		cctt1_déduction	,936	16	,305
		cctt1_observation	,938	16	,330
		cctt1_crédibilité	,938	16	,330
		cctt1_hypothèse	,906	16	,100
		cctt2_induction	,929	16	,235
		cctt2_déduction	,956	16	,583
		cctt2_observation	,939	16	,332
		cctt2_crédibilité	,939	16	,332
		cctt2_hypothèse	,934	16	,285
		stroop1_rcs_s	,899	16	,078
		stroop3_rcs_s	,900	16	,081
	Sciences générales (5h/semaine)	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,941	10	,569
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,908	10	,270
		cctt1_induction	,938	10	,528
		cctt1_déduction	,955	10	,725
		cctt1_observation	,930	10	,444
		cctt1_crédibilité	,930	10	,444
		cctt1_hypothèse	,925	10	,397
		cctt2_induction	,860	10	,076
		cctt2_déduction	,904	10	,242
		cctt2_observation	,923	10	,382
		cctt2_crédibilité	,923	10	,382
		cctt2_hypothèse	,920	10	,353
		stroop1_rcs_s	,838	10	,041
		stroop3_rcs_s	,833	10	,036
Groupe vivant uniquement	Sciences de base (3h/semaine)	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,921	19	,118

l'entrainement au contrôle inhibiteur		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,973	19	,831
		cctt1_induction	,953	19	,452
		cctt1_déduction	,947	19	,355
		cctt1_observation	,943	19	,298
		cctt1_crédibilité	,943	19	,298
		cctt1_hypothèse	,774	19	<,001
		cctt2_induction	,963	19	,628
		cctt2_déduction	,969	19	,753
		cctt2_observation	,938	19	,241
		cctt2_crédibilité	,938	19	,241
		cctt2_hypothèse	,930	19	,176
		stroop1_rcs_s	,919	19	,111
		stroop3_rcs_s	,880	19	,021
	Sciences générales (5h/semaine)	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,832	23	,001
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,920	23	,066
		cctt1_induction	,854	23	,003
		cctt1_déduction	,977	23	,845
		cctt1_observation	,955	23	,374
		cctt1_crédibilité	,955	23	,374
		cctt1_hypothèse	,932	23	,121
		cctt2_induction	,865	23	,005
		cctt2_déduction	,977	23	,844
		cctt2_observation	,951	23	,302
		cctt2_crédibilité	,951	23	,302
		cctt2_hypothèse	,973	23	,762
		stroop1_rcs_s	,946	23	,242
		stroop3_rcs_s	,880	23	,010
Groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur	Sciences de base (3h/semaine)	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,949	20	,349
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,981	20	,947
		cctt1_induction	,947	20	,324
		cctt1_déduction	,959	20	,526
		cctt1_observation	,935	20	,189
		cctt1_crédibilité	,935	20	,189
		cctt1_hypothèse	,940	20	,240
		cctt2_induction	,949	20	,357
		cctt2_déduction	,912	20	,068
		cctt2_observation	,951	20	,384
		cctt2_crédibilité	,951	20	,384
		cctt2_hypothèse	,942	20	,264
		stroop1_rcs_s	,871	20	,012
		stroop3_rcs_s	,880	20	,017

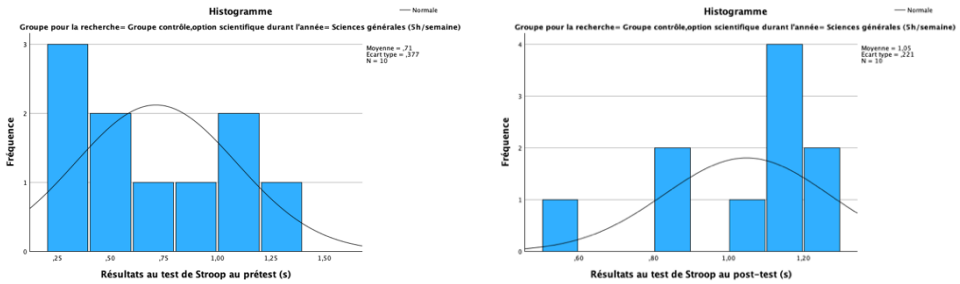
Tableau 65. Détermination de la vérification de la condition de normalité en fonction du nombre d'élèves par sous-groupe d'option scientifique

Détermination de la vérification de la condition de normalité en fonction du nombre d'élèves par sous-groupe d'option scientifique			
Groupe pour la recherche	Sous-groupe	Nombre d'élèves	Vérification de la condition normalité des résultats
Groupe 1 (groupe contrôle)	Sciences de base	16	Test de Shapiro-Wilk
	Sciences générales	10	Test de Shapiro-Wilk
Groupe 2 (groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur)	Sciences de base	19	Test de Shapiro-Wilk
	Sciences générales	23	Test de Shapiro-Wilk
Groupe 3 (groupe vivant uniquement les pauses métacognitives)	Sciences de base	32	Théorème de la limite centrale
	Sciences générales	38	Théorème de la limite centrale
Groupe 4 (groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement au contrôle inhibiteur)	Sciences de base	20	Test de Shapiro-Wilk
	Sciences générales	53	Théorème de la limite centrale

Dans le groupe 1, sous-groupe des sciences de base (N=16) : Le test de Shapiro-Wilk n'est pas significatif (p>0,05). Nous rejetons l'hypothèse nulle. Nous considérons que l'échantillon ne respecte pas une distribution normale. Il convient dès lors d'appliquer un test non-paramétrique, le test de Wilcoxon.

Dans le groupe 1, sous-groupe des sciences générales (N=10) : Le test de Shapiro-Wilk n'est pas significatif (p>0,05) pour les différentes variables étudiées, à l'exception des résultats au test de Stroop en prétest et post-test. Au regard de ces résultats, pour toutes les variables exceptés les résultats au test de Stroop, nous rejetons l'hypothèse nulle. Nous considérons que l'échantillon ne respecte pas une distribution normale. Il convient dès lors d'appliquer un test non-paramétrique, le test de Wilcoxon. Pour les résultats au test de Stroop, nous devons réaliser une analyse graphique des données. Nous observons que les valeurs ne respectent pas une distribution normale. Cette observation est en opposition avec le résultat du test de Shapiro-Wilk. Néanmoins, l'analyse graphique étant plus précise que les valeurs obtenues au test de Shapiro-Wilk sur des petits échantillons, nous considérons que les données ne sont pas distribuées normalement et qu'il convient d'utiliser un test non-paramétrique pour les analyser.

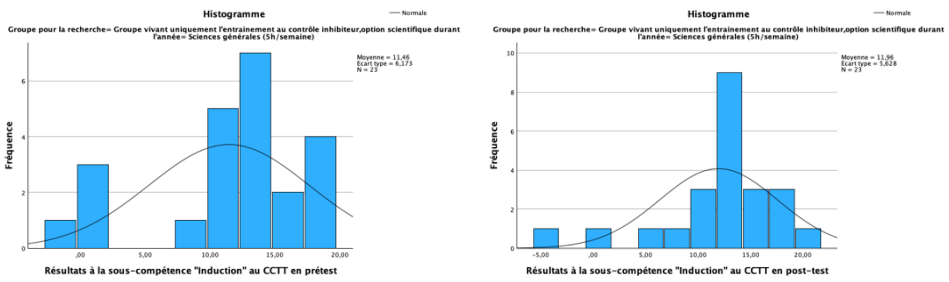
Figure 55. Analyse graphique de la normalité des résultats au test de Stroop dans le groupe 1 (C), sous-groupe de l'option scientifique "sciences générales"



Dans le groupe 2, sous-groupe des sciences de base (N=19) : Le test de Shapiro-Wilk n'est pas significatif (p>0,05) pour les différentes variables étudiées, à l'exception des résultats à la sous-compétence « Hypothèse » au CCTT en prétest et des résultats au test de Stroop en post-test. Nous n'observons pas des résultats pairés au prétest et au post-test significatifs. Cela signifie que, même si les valeurs suivent une distribution normale au prétest, elles ne le sont pas au post-test et inversement. Dans ces situations, nous ne pouvons pas établir une répartition normale des résultats et il convient d'appliquer un test non-paramétrique, le test de Wilcoxon. Au regard de ces résultats, nous rejetons l'hypothèse nulle. Nous considérons que l'échantillon ne respecte pas une distribution normale. Il convient dès lors d'appliquer un test non-paramétrique, le test de Wilcoxon.

Dans le groupe 2, sous-groupe des sciences générales (N=23) : Le test de Shapiro-Wilk n'est pas significatif (p>0,05) pour les différentes variables étudiées, à l'exception des résultats au CCTT au prétest, des résultats à la sous-compétence « Induction » au CCTT en prétest et post-test et des résultats au test de Stroop en post-test. Pour les résultats au CCTT ainsi que pour les résultats au test de Stroop, ceux-ci ne sont pas significatifs aux deux temps de mesure. Cela signifie que, même si les valeurs suivent une distribution normale au prétest, elles ne le sont pas au post-test et inversement. Dans ces situations, nous ne pouvons pas établir une répartition normale des résultats et il convient d'appliquer un test non-paramétrique, le test de Wilcoxon. Au regard de ces résultats, pour toutes les variables exceptés les résultats de la sous-compétence « Induction » mentionnés, nous rejetons l'hypothèse nulle. Nous considérons que l'échantillon ne respecte pas une distribution normale. Il convient dès lors d'appliquer un test non-paramétrique, le test de Wilcoxon. Pour les résultats de la sous-compétence « Induction » cités, nous devons réaliser une analyse graphique des données. Nous observons que les valeurs ne respectent pas une distribution normale. Ces observations sont en opposition avec les résultats du test de Shapiro-Wilk. Néanmoins, l'analyse graphique étant plus précise que les valeurs obtenues au test de Shapiro-Wilk sur des petits échantillons, nous considérons que les données ne sont pas distribuées normalement et qu'il convient d'utiliser un test non-paramétrique pour les analyser.

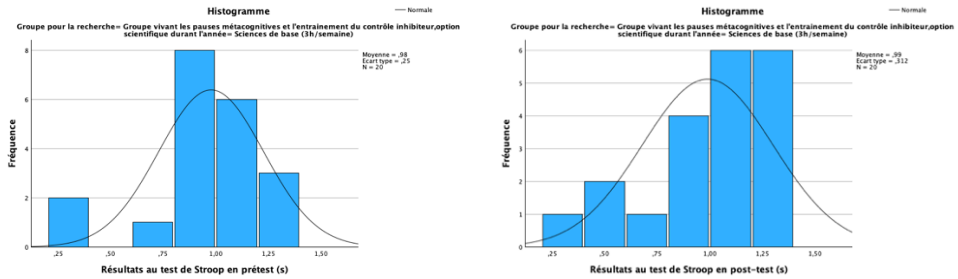
Figure 56. Analyse graphique de la normalité des résultats à la sous-compétences « Induction » dans le groupe 2 (CI), sous-groupe de l'option scientifique « sciences générales »



Dans le groupe 4, sous-groupe des sciences de base (N=20) : Le test de Shapiro-Wilk n'est pas significatif (p>0,05) pour les différentes variables étudiées, à l'exception des résultats au test de Stroop en prétest et post-test. Au regard de ces résultats, pour toutes les variables exceptés les résultats au test de Stroop, nous rejetons l'hypothèse nulle. Nous

considérons que l'échantillon ne respecte pas une distribution normale. Il convient dès lors d'appliquer un test non-paramétrique, le test de Wilcoxon. Pour les résultats au test de Stroop, nous devons réaliser une analyse graphique des données. Nous observons que les valeurs ne respectent pas une distribution normale. Cette observation est en opposition avec le résultat du test de Shapiro-Wilk. Néanmoins, l'analyse graphique étant plus précise que les valeurs obtenues au test de Shapiro-Wilk sur des petits échantillons, nous considérons que les données ne sont pas distribuées normalement et qu'il convient d'utiliser un test non-paramétrique pour les analyser.

Figure 57. Analyse graphique de la normalité des résultats au test de Stroop dans le groupe 4 (M+CI), sous-groupe de l'option scientifique « sciences de base »



Au regard de cette prémisse vérifiant la distribution normale des données, nous pouvons synthétiser les tests à réaliser de la façon suivante :

Tableau 66. Test statistique à appliquer en fonction des sous-groupes de l'option scientifique

Test statistique à appliquer en fonction des sous-groupes de l'option scientifique		
Groupe pour la recherche	Sous-groupe	Test statistique réalisé
Groupe 1 (groupe contrôle)	Sciences de base	Test de Wilcoxon
	Sciences générales	Test de Wilcoxon
Groupe 2 (groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur)	Sciences de base	Test de Wilcoxon
	Sciences générales	Test de Wilcoxon
Groupe 3 (groupe vivant uniquement les pauses métacognitives)	Sciences de base	Test t pour échantillons appariés
	Sciences générales	Test t pour échantillons appariés
Groupe 4 (groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement au contrôle inhibiteur)	Sciences de base	Test de Wilcoxon
	Sciences générales	Test t pour échantillons appariés

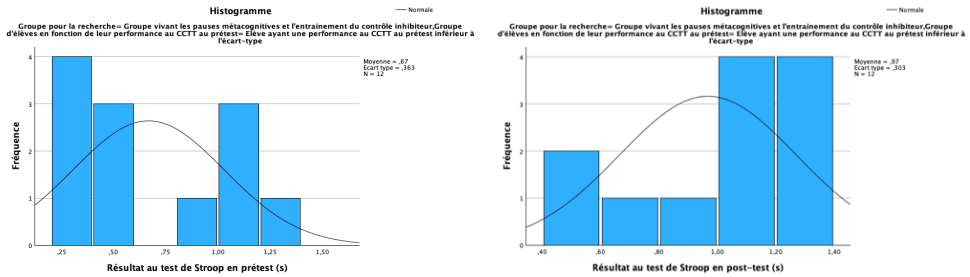
Tableau 67. Détermination de la vérification de la condition de normalité en fonction du nombre d'élèves par sous-groupe de performance au CCTT en prétest

Détermination de la vérification de la condition de normalité en fonction du nombre d'élèves par sous-groupe de performance au CCTT en prétest			
Groupe pour la recherche	Sous-groupe	Nombre d'élèves	Vérification de la condition normalité des résultats
Groupe 1 (groupe contrôle)	Performance plus faible (groupe 1)	6	Test de Shapiro-Wilk
	Performance moyenne (groupe 2)	16	Test de Shapiro-Wilk
	Performance plus élevée (groupe 3)	4	Test de Shapiro-Wilk
Groupe 2 (groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur)	Performance plus faible (groupe 1)	8	Test de Shapiro-Wilk
	Performance moyenne (groupe 2)	28	Test de Shapiro-Wilk
	Performance plus élevée (groupe 3)	6	Test de Shapiro-Wilk
Groupe 3 (groupe vivant uniquement les pauses métacognitives)	Performance plus faible (groupe 1)	7	Test de Shapiro-Wilk
	Performance moyenne (groupe 2)	48	Théorème de la limite centrale
	Performance plus élevée (groupe 3)	15	Test de Shapiro-Wilk
Groupe 4 (groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement au contrôle inhibiteur)	Performance plus faible (groupe 1)	12	Test de Shapiro-Wilk
	Performance moyenne (groupe 2)	51	Théorème de la limite centrale
	Performance plus élevée (groupe 3)	10	Test de Shapiro-Wilk

En appliquant le test de Shapiro-Wilk, nous relevons quelques valeurs significatives parmi les variables évaluées. Néanmoins, nous n'observons pas des résultats pairés au prétest et au post-test significatifs. Cela signifie que, même si les valeurs suivent une distribution normale au prétest, elles ne le sont pas au post-test et inversement. Dans ces situations, nous ne pouvons pas établir une répartition normale des résultats et il convient d'appliquer un test non-paramétrique, le test de Wilcoxon.

Seules deux variables pairées doivent être analysées plus finement. Dans le groupe de recherche où les élèves vivent des pauses métacognitives et un entrainement au contrôle inhibiteur, pour les élèves ayant une performance plus faible, le test de Shapiro-Wilk pour les résultats au test de Stroop au prétest (p=0,20) et au post-test (p=0,18) est significatif. Afin de vérifier la distribution normale des résultats, une analyse graphique est réalisée. Nous observons que les valeurs ne respectent pas une distribution normale. Cette observation est en opposition avec le résultat du test de Shapiro-Wilk. Néanmoins, l'analyse graphique étant plus précise que les valeurs obtenues au test de Shapiro-Wilk sur des petits échantillons, nous considérons que les données ne sont pas distribuées normalement et qu'il convient d'utiliser un test non-paramétrique pour les analyser.

Figure 58. Analyse graphique de la normalité des résultats au test de Stroop dans le groupe 4 (M+CI), sous-groupe de performance au CCTT en prétest « élèves performant le moins bien »



Au regard de cette prémisse vérifiant la distribution normale des données, nous pouvons synthétiser les tests à réaliser de la façon suivante :

Tableau 68. Test statistique à appliquer en fonction des sous-groupes de performance au CCTT en prétest

Test statistique à appliquer en fonction des sous-groupes de performance au CCTT en prétest		
Groupe pour la recherche	Sous-groupe	Test statistique réalisé
Groupe 1 (groupe contrôle)	Performance plus faible (groupe 1)	Test de Wilcoxon
	Performance moyenne (groupe 2)	Test de Wilcoxon
	Performance plus élevée (groupe 3)	Test de Wilcoxon
Groupe 2 (groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur)	Performance plus faible (groupe 1)	Test de Wilcoxon
	Performance moyenne (groupe 2)	Test de Wilcoxon
	Performance plus élevée (groupe 3)	Test de Wilcoxon
Groupe 3 (groupe vivant uniquement les pauses métacognitives)	Performance plus faible (groupe 1)	Test de Wilcoxon
	Performance moyenne (groupe 2)	Test t pour échantillons appariés
	Performance plus élevée (groupe 3)	Test de Wilcoxon
Groupe 4 (groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement au contrôle inhibiteur)	Performance plus faible (groupe 1)	Test de Wilcoxon
	Performance moyenne (groupe 2)	Test t pour échantillons appariés
	Performance plus élevée (groupe 3)	Test de Wilcoxon

Tableau 69. Test de Shapiro-Wilk pour le sous-groupe de performance au CCTT en prétest

Tests de normalité (test de Shapiro-Wilk pour le sous-groupe de performance au CCTT en prétest)								
Groupe pour la recherche	Groupe d'élèves en fonction de leur performance au CCTT au prétest		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
			Statistiques	ddl	Sig.	Statistiques	ddl	Sig.
Groupe contrôle	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest inférieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,193	6	,200*	,896	6	,353
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,183	6	,200*	,936	6	,629
		cctt1_induction	,153	6	,200*	,976	6	,927
		cctt1_déduction	,167	6	,200*	,982	6	,960
		cctt1_observation	,214	6	,200*	,951	6	,752
		cctt1_crédibilité	,214	6	,200*	,951	6	,752
		cctt1_hypothèse	,318	6	,058	,741	6	,016
		cctt2_induction	,187	6	,200*	,968	6	,881
		cctt2_déduction	,266	6	,200*	,886	6	,300
		cctt2_observation	,258	6	,200*	,911	6	,444
		cctt2_crédibilité	,258	6	,200*	,911	6	,444
		cctt2_hypothèse	,380	6	,007	,699	6	,006
		stroop1_rcs_s	,294	6	,115	,839	6	,129
		stroop3_rcs_s	,230	6	,200*	,878	6	,259
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest compris dans l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,166	16	,200*	,958	16	,621
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,227	16	,027	,843	16	,011
		cctt1_induction	,183	16	,156	,931	16	,252
		cctt1_déduction	,158	16	,200*	,907	16	,103
		cctt1_observation	,169	16	,200*	,949	16	,478
		cctt1_crédibilité	,169	16	,200*	,949	16	,478
		cctt1_hypothèse	,242	16	,013	,872	16	,030
		cctt2_induction	,207	16	,064	,866	16	,024
		cctt2_déduction	,202	16	,081	,903	16	,088
		cctt2_observation	,144	16	,200*	,939	16	,336
		cctt2_crédibilité	,144	16	,200*	,939	16	,336
		cctt2_hypothèse	,203	16	,077	,912	16	,127
		stroop1_rcs_s	,173	16	,200*	,877	16	,035
		stroop3_rcs_s	,172	16	,200*	,918	16	,156
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest supérieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,181	4	.	,991	4	,962
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,276	4	.	,944	4	,679
		cctt1_induction	,364	4	.	,840	4	,195
		cctt1_déduction	,374	4	.	,818	4	,139
		cctt1_observation	,302	4	.	,827	4	,161
		cctt1_crédibilité	,302	4	.	,827	4	,161
		cctt1_hypothèse	,288	4	.	,887	4	,369

		cctt2_induction	,307	4	.	,729	4	,024
		cctt2_déduction	,212	4	.	,974	4	,866
		cctt2_observation	,267	4	.	,841	4	,199
		cctt2_crédibilité	,267	4	.	,841	4	,199
		cctt2_hypothèse	,244	4	.	,880	4	,340
		stroop1_rcs_s	,216	4	.	,980	4	,903
		stroop3_rcs_s	,248	4	.	,907	4	,468
Groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest inférieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,258	8	,125	,843	8	,081
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,190	8	,200*	,952	8	,731
		cctt1_induction	,263	8	,110	,886	8	,214
		cctt1_déduction	,314	8	,020	,850	8	,096
		cctt1_observation	,303	8	,029	,854	8	,105
		cctt1_crédibilité	,303	8	,029	,854	8	,105
		cctt1_hypothèse	,418	8	<,001	,529	8	<,001
		cctt2_induction	,217	8	,200*	,868	8	,146
		cctt2_déduction	,215	8	,200*	,889	8	,231
		cctt2_observation	,190	8	,200*	,901	8	,293
		cctt2_crédibilité	,190	8	,200*	,901	8	,293
		cctt2_hypothèse	,168	8	,200*	,946	8	,674
		stroop1_rcs_s	,221	8	,200*	,904	8	,317
		stroop3_rcs_s	,153	8	,200*	,964	8	,843
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest compris dans l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,118	28	,200*	,923	28	,042
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,176	28	,026	,940	28	,108
		cctt1_induction	,082	28	,200*	,977	28	,770
		cctt1_déduction	,114	28	,200*	,967	28	,506
		cctt1_observation	,139	28	,177	,959	28	,334
		cctt1_crédibilité	,139	28	,177	,959	28	,334
		cctt1_hypothèse	,219	28	,001	,895	28	,009
		cctt2_induction	,182	28	,018	,837	28	<,001
		cctt2_déduction	,079	28	,200*	,983	28	,920
		cctt2_observation	,103	28	,200*	,955	28	,269
		cctt2_crédibilité	,103	28	,200*	,955	28	,269
		cctt2_hypothèse	,087	28	,200*	,958	28	,314
		stroop1_rcs_s	,183	28	,017	,950	28	,193
		stroop3_rcs_s	,190	28	,011	,886	28	,005
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest supérieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,202	6	,200*	,903	6	,391
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,197	6	,200*	,922	6	,518
		cctt1_induction	,215	6	,200*	,940	6	,656
		cctt1_déduction	,247	6	,200*	,920	6	,506
		cctt1_observation	,309	6	,076	,843	6	,137

		cctt1_crédibilité	,309	6	,076	,843	6	,137
		cctt1_hypothèse	,319	6	,056	,683	6	,004
		cctt2_induction	,146	6	,200*	,963	6	,839
		cctt2_déduction	,217	6	,200*	,974	6	,915
		cctt2_observation	,252	6	,200*	,903	6	,394
		cctt2_crédibilité	,252	6	,200*	,903	6	,394
		cctt2_hypothèse	,269	6	,199	,915	6	,473
		stroop1_rcs_s	,157	6	,200*	,969	6	,883
		stroop3_rcs_s	,301	6	,095	,824	6	,096
Groupe vivant uniquement les pauses métacognitives	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest inférieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,214	7	,200*	,961	7	,825
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,176	7	,200*	,964	7	,852
		cctt1_induction	,193	7	,200*	,949	7	,717
		cctt1_déduction	,297	7	,063	,736	7	,009
		cctt1_observation	,164	7	,200*	,940	7	,635
		cctt1_crédibilité	,164	7	,200*	,940	7	,635
		cctt1_hypothèse	,398	7	,001	,769	7	,020
		cctt2_induction	,299	7	,058	,815	7	,057
		cctt2_déduction	,191	7	,200*	,963	7	,845
		cctt2_observation	,153	7	,200*	,949	7	,721
		cctt2_crédibilité	,153	7	,200*	,949	7	,721
		cctt2_hypothèse	,337	7	,016	,856	7	,140
		stroop1_rcs_s	,211	7	,200*	,872	7	,193
		stroop3_rcs_s	,237	7	,200*	,846	7	,113
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest supérieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,148	15	,200*	,935	15	,329
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,156	15	,200*	,869	15	,033
		cctt1_induction	,227	15	,036	,868	15	,031
		cctt1_déduction	,223	15	,044	,892	15	,073
		cctt1_observation	,237	15	,023	,902	15	,104
		cctt1_crédibilité	,237	15	,023	,902	15	,104
		cctt1_hypothèse	,138	15	,200*	,909	15	,131
		cctt2_induction	,197	15	,122	,924	15	,223
		cctt2_déduction	,182	15	,196	,911	15	,140
		cctt2_observation	,114	15	,200*	,955	15	,604
		cctt2_crédibilité	,114	15	,200*	,955	15	,604
		cctt2_hypothèse	,166	15	,200*	,912	15	,145
		stroop1_rcs_s	,177	15	,200*	,932	15	,290
		stroop3_rcs_s	,151	15	,200*	,928	15	,256
Groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest inférieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,122	12	,200*	,922	12	,299
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,162	12	,200*	,947	12	,596
		cctt1_induction	,149	12	,200*	,924	12	,317

		cctt1_déduction	,170	12	,200*	,907	12	,194
		cctt1_observation	,128	12	,200*	,985	12	,996
		cctt1_crédibilité	,128	12	,200*	,985	12	,996
		cctt1_hypothèse	,275	12	,013	,879	12	,086
		cctt2_induction	,208	12	,159	,890	12	,117
		cctt2_déduction	,282	12	,009	,885	12	,101
		cctt2_observation	,132	12	,200*	,977	12	,969
		cctt2_crédibilité	,132	12	,200*	,977	12	,969
		cctt2_hypothèse	,249	12	,038	,825	12	,019
		stroop1_rcs_s	,256	12	,028	,828	12	,020
		stroop3_rcs_s	,227	12	,088	,825	12	,018
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest supérieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,209	10	,200*	,885	10	,150
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,210	10	,200*	,861	10	,078
		cctt1_induction	,239	10	,111	,888	10	,159
		cctt1_déduction	,138	10	,200*	,939	10	,543
		cctt1_observation	,278	10	,028	,883	10	,142
		cctt1_crédibilité	,278	10	,028	,883	10	,142
		cctt1_hypothèse	,191	10	,200*	,907	10	,262
		cctt2_induction	,246	10	,088	,821	10	,026
		cctt2_déduction	,196	10	,200*	,876	10	,118
		cctt2_observation	,138	10	,200*	,967	10	,861
		cctt2_crédibilité	,138	10	,200*	,967	10	,861
		cctt2_hypothèse	,171	10	,200*	,970	10	,894
		stroop1_rcs_s	,172	10	,200*	,934	10	,488
		stroop3_rcs_s	,360	10	<,001	,746	10	,003
*. Il s'agit de la borne inférieure de la vraie signification.								
a. Correction de signification de Lilliefors								

Tableau 70. Détermination de la vérification de la condition de normalité en fonction du nombre d'élèves par sous-groupe de performance au CE1D

Détermination de la vérification de la condition de normalité en fonction du nombre d'élèves par sous-groupe de performance au CE1D			
Groupe pour la recherche	Sous-groupe	Nombre d'élèves	Vérification de la condition normalité des résultats
Groupe 1 (groupe contrôle)	Performance plus faible (groupe 1)	3	Test de Shapiro-Wilk
	Performance moyenne (groupe 2)	14	Test de Shapiro-Wilk
	Performance plus élevée (groupe 3)	8	Test de Shapiro-Wilk
Groupe 2 (groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur)	Performance plus faible (groupe 1)	5	Test de Shapiro-Wilk
	Performance moyenne (groupe 2)	27	Test de Shapiro-Wilk
	Performance plus élevée (groupe 3)	7	Test de Shapiro-Wilk
Groupe 3 (groupe vivant uniquement les pauses métacognitives)	Performance plus faible (groupe 1)	10	Test de Shapiro-Wilk
	Performance moyenne (groupe 2)	44	Théorème de la limite centrale
	Performance plus élevée (groupe 3)	14	Test de Shapiro-Wilk
Groupe 4 (groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement au contrôle inhibiteur)	Performance plus faible (groupe 1)	14	Test de Shapiro-Wilk
	Performance moyenne (groupe 2)	51	Théorème de la limite centrale
	Performance plus élevée (groupe 3)	6	Test de Shapiro-Wilk

Le test de normalité de Shapiro-Wilk n'est appliqué que pour les variables pour lesquelles l'échantillon est inférieur à 30 élèves.

En appliquant le test de Shapiro-Wilk, nous relevons quelques valeurs significatives parmi les variables évaluées. Néanmoins, nous n'observons pas de résultats pairés significatifs au prétest et au post-test. Cela signifie que, même si les valeurs suivent une distribution normale au prétest, elles ne le sont pas au post-test et inversement. Dans ces situations, nous ne pouvons pas établir une répartition normale des résultats et il convient d'appliquer un test non-paramétrique, le test de Wilcoxon.

Au regard de cette prémisse vérifiant la distribution normale des données, nous pouvons synthétiser les tests à réaliser de la façon suivante :

Tableau 71. Test statistique à appliquer en fonction des sous-groupes de performance au CE1D

Test statistique à appliquer en fonction des sous-groupes de performance au CE1D		
Groupe pour la recherche	Sous-groupe	Test statistique réalisé
Groupe 1 (groupe contrôle)	Performance plus faible (groupe 1)	Test de Wilcoxon
	Performance moyenne (groupe 2)	Test de Wilcoxon
	Performance plus élevée (groupe 3)	Test de Wilcoxon
Groupe 2 (groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur)	Performance plus faible (groupe 1)	Test de Wilcoxon
	Performance moyenne (groupe 2)	Test de Wilcoxon
	Performance plus élevée (groupe 3)	Test de Wilcoxon
Groupe 3 (groupe vivant uniquement les pauses métacognitives)	Performance plus faible (groupe 1)	Test de Wilcoxon
	Performance moyenne (groupe 2)	Test t pour échantillons appariés
	Performance plus élevée (groupe 3)	Test de Wilcoxon
Groupe 4 (groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement au contrôle inhibiteur)	Performance plus faible (groupe 1)	Test de Wilcoxon
	Performance moyenne (groupe 2)	Test t pour échantillons appariés
	Performance plus élevée (groupe 3)	Test de Wilcoxon

Tableau 72. Test de Shapiro-Wilk pour le sous-groupe de performance au CE1D

Tests de normalité (test de Shapiro-Wilk pour le sous-groupe de performance au CE1D)					
Groupe pour la recherche	Groupe d'élèves en fonction de leur performance au CE1D		Shapiro-Wilk		
			Statistiques	ddl	Sig.
Groupe contrôle	Élèves performant le moins bien, résultat inférieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,961	3	,619
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	1,000	3	,970
		cctt1_induction	,970	3	,668
		cctt1_déduction	,923	3	,463
		cctt1_observation	,750	3	<,001
		cctt1_crédibilité	,750	3	<,001
		cctt1_hypothèse	,855	3	,253
		cctt2_induction	,999	3	,935
		cctt2_déduction	,893	3	,363
		cctt2_observation	,964	3	,637
		cctt2_crédibilité	,964	3	,637
		cctt2_hypothèse	,964	3	,637
		stroop1_rcs_s	1,000	3	,977
		stroop3_rcs_s	,864	3	,279
	Élèves performant dans la moyenne, résultats compris dans l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,895	14	,095
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,825	14	,010
		cctt1_induction	,906	14	,139
		cctt1_déduction	,897	14	,103
		cctt1_observation	,952	14	,588
		cctt1_crédibilité	,952	14	,588
		cctt1_hypothèse	,961	14	,733
		cctt2_induction	,901	14	,118
		cctt2_déduction	,867	14	,038
		cctt2_observation	,913	14	,173
		cctt2_crédibilité	,913	14	,173
		cctt2_hypothèse	,965	14	,810
		stroop1_rcs_s	,884	14	,066
		stroop3_rcs_s	,903	14	,124
	Élèves performant le mieux, résultats supérieurs à l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,952	8	,731
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,902	8	,302
		cctt1_induction	,931	8	,522
		cctt1_déduction	,969	8	,892
		cctt1_observation	,955	8	,762
		cctt1_crédibilité	,955	8	,762
		cctt1_hypothèse	,882	8	,195
		cctt2_induction	,916	8	,399
		cctt2_déduction	,955	8	,757
		cctt2_observation	,987	8	,989
		cctt2_crédibilité	,987	8	,989
		cctt2_hypothèse	,860	8	,120
		stroop1_rcs_s	,852	8	,099
		stroop3_rcs_s	,885	8	,211
Groupe vivant uniquement	Élèves performant le	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,964	5	,837

l'entrainement au contrôle inhibiteur	moins bien, résultat inférieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,937	5	,642
		cctt1_induction	,985	5	,960
		cctt1_déduction	,876	5	,292
		cctt1_observation	,929	5	,591
		cctt1_crédibilité	,929	5	,591
		cctt1_hypothèse	,552	5	<,001
		cctt2_induction	,864	5	,243
		cctt2_déduction	,907	5	,453
		cctt2_observation	,897	5	,391
		cctt2_crédibilité	,897	5	,391
		cctt2_hypothèse	,950	5	,735
		stroop1_rcs_s	,822	5	,120
		stroop3_rcs_s	,919	5	,526
	Élèves performant dans la moyenne, résultats compris dans l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,879	27	,005
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,977	27	,793
		cctt1_induction	,941	27	,131
		cctt1_déduction	,977	27	,779
		cctt1_observation	,919	27	,038
		cctt1_crédibilité	,919	27	,038
		cctt1_hypothèse	,931	27	,074
		cctt2_induction	,972	27	,664
		cctt2_déduction	,985	27	,958
		cctt2_observation	,931	27	,075
		cctt2_crédibilité	,931	27	,075
		cctt2_hypothèse	,956	27	,307
		stroop1_rcs_s	,935	27	,092
		stroop3_rcs_s	,886	27	,007
	Élèves performant le mieux, résultats supérieurs à l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,805	7	,046
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,883	7	,241
		cctt1_induction	,891	7	,278
		cctt1_déduction	,903	7	,348
		cctt1_observation	,971	7	,906
		cctt1_crédibilité	,971	7	,906
		cctt1_hypothèse	,934	7	,586
		cctt2_induction	,895	7	,299
		cctt2_déduction	,964	7	,850
		cctt2_observation	,925	7	,507
		cctt2_crédibilité	,925	7	,507
		cctt2_hypothèse	,945	7	,686
		stroop1_rcs_s	,965	7	,857
		stroop3_rcs_s	,889	7	,268
Groupe vivant uniquement les pauses métacognitives	Élèves performant le moins bien, résultat inférieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,828	10	,032
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,851	10	,060
		cctt1_induction	,961	10	,797
		cctt1_déduction	,942	10	,572
		cctt1_observation	,898	10	,208
		cctt1_crédibilité	,898	10	,208
		cctt1_hypothèse	,886	10	,154

		cctt2_induction	,956	10	,742
		cctt2_déduction	,961	10	,795
		cctt2_observation	,950	10	,670
		cctt2_crédibilité	,950	10	,670
		cctt2_hypothèse	,941	10	,562
		stroop1_rcs_s	,873	10	,108
		stroop3_rcs_s	,744	10	,003
	Élèves performant le mieux, résultats supérieurs à l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,901	14	,117
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,907	14	,141
		cctt1_induction	,917	14	,202
		cctt1_déduction	,916	14	,191
		cctt1_observation	,920	14	,220
		cctt1_crédibilité	,920	14	,220
		cctt1_hypothèse	,906	14	,138
		cctt2_induction	,957	14	,681
		cctt2_déduction	,926	14	,267
		cctt2_observation	,867	14	,039
		cctt2_crédibilité	,867	14	,039
		cctt2_hypothèse	,904	14	,127
		stroop1_rcs_s	,975	14	,934
		stroop3_rcs_s	,906	14	,139
Groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur	Élèves performant le moins bien, résultat inférieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,958	14	,682
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,912	14	,167
		cctt1_induction	,935	14	,358
		cctt1_déduction	,940	14	,425
		cctt1_observation	,958	14	,685
		cctt1_crédibilité	,958	14	,685
		cctt1_hypothèse	,928	14	,288
		cctt2_induction	,932	14	,327
		cctt2_déduction	,892	14	,087
		cctt2_observation	,964	14	,792
		cctt2_crédibilité	,964	14	,792
		cctt2_hypothèse	,827	14	,011
		stroop1_rcs_s	,896	14	,100
		stroop3_rcs_s	,919	14	,214
	Élèves performant le mieux, résultats supérieurs à l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	,922	6	,520
		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	,930	6	,583
		cctt1_induction	,978	6	,944
		cctt1_déduction	,920	6	,508
		cctt1_observation	,822	6	,092
		cctt1_crédibilité	,822	6	,092
		cctt1_hypothèse	,866	6	,212
		cctt2_induction	,976	6	,931
		cctt2_déduction	,982	6	,960
		cctt2_observation	,835	6	,119
		cctt2_crédibilité	,835	6	,119
		cctt2_hypothèse	,934	6	,614
		stroop1_rcs_s	,973	6	,915
		stroop3_rcs_s	,787	6	,045

Annexe 11 : Test t pour échantillons appariés et test de Wilcoxon pour l'échantillon de l'étude 3

Tableau 73. Test t des échantillons appariés entre le prétest et le post-test pour le sous-groupe de l'option scientifique

Test des échantillons appariés entre le prétest et le post-test pour le sous-groupe de l'option scientifique													
Groupe pour la recherche	option scientifique durant l'année			Différences appariées					t	df	Signification	
				Moyenne	Écart type	Moyenne d'erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %				p unilatéral	p bilatéral
							Inférieur	Supérieur				
Groupe vivant uniquement les pauses métacognitives	Sciences de base (3h/semaine)	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	1,9324	11,8645	1,9505	-2,0234	5,8883	,991	36	,164	,328
		P	cctt1_induction - cctt2_induction	,36486	5,21836	,85789	-1,37502	2,10475	,425	36	,337	,673
		P	cctt1_déduction - cctt2_déduction	,75676	5,23028	,85985	-,98711	2,50062	,880	36	,192	,385
		Paire	cctt1_observation - cctt2_observation	,91892	4,89829	,80527	-,71425	2,55209	1,141	36	,131	,261
		P	cctt1_crédibilité - cctt2_crédibilité	,91892	4,89829	,80527	-,71425	2,55209	1,141	36	,131	,261
		P	cctt1_hypothèse - cctt2_hypothèse	-,36486	2,57835	,42388	-1,22453	,49480	-,861	36	,198	,395
		P	stroop1_rcs_s - stroop3_rcs_s	-,14615	,39053	,06904	-,28695	-,00535	-2,117	31	,021	,042
	Sciences générales (5h/semaine)	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	-2,2073	13,6720	2,1352	-6,5227	2,1081	-1,034	40	,154	,307
		Paire 2	cctt1_induction - cctt2_induction	,81707	6,16923	,96347	-1,13018	2,76432	,848	40	,201	,401
		Paire 3	cctt1_déduction - cctt2_déduction	-1,89024	6,47738	1,01160	-3,93476	,15427	-1,869	40	,035	,069

		Paire 4	cctt1_observation - cctt2_observation	-1,25610	6,01677	,93966	-3,15522	,64303	-1,337	40	,094	,189
		Paire 5	cctt1_crédibilité - cctt2_crédibilité	-1,25610	6,01677	,93966	-3,15522	,64303	-1,337	40	,094	,189
		Paire 6	cctt1_hypothèse - cctt2_hypothèse	,19512	3,35760	,52437	-,86467	1,25491	,372	40	,356	,712
		Paire 7	stroop1_rcs_s - stroop3_rcs_s	-,15641	,31422	,05097	-,25970	-,05313	-3,069	37	,002	,004
Groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur	Sciences générales (5h/semaine)	P	cctt1_induction - cctt2_induction	-1,20690	5,19956	,68274	-2,57405	,16026	-1,768	57	,041	,082
		P	cctt1_déduction - cctt2_déduction	-,32759	4,65715	,61151	-1,55212	,89695	-,536	57	,297	,594
		Paire	cctt1_observation - cctt2_observation	-,55172	5,37513	,70579	-1,96504	,86159	-,782	57	,219	,438
		P	cctt1_crédibilité - cctt2_crédibilité	-,55172	5,37513	,70579	-1,96504	,86159	-,782	57	,219	,438
		P	cctt1_hypothèse - cctt2_hypothèse	-,54310	2,93390	,38524	-1,31453	,22833	-1,410	57	,082	,164
		Paire 7	stroop1_rcs_s - stroop3_rcs_s	-,20341	,37648	,05171	-,30718	-,09964	-3,933	52	<,001	<,001

Tableau 74. Statistiques descriptives des moyennes au prétest et au post-test pour le sous-groupe de performance au CCTT en prétest

Statistique descriptive des échantillons appariés au prétest et au post-test pour le sous-groupe de performance au CCTT en prétest							
Groupe pour la recherche	Groupe d'élèves en fonction de leur performance au CCTT au prétest			Moyenne	N	Écart type	Moyenne d'erreur standard
Groupe contrôle	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest inférieur à l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	2,533	15	4,0199	1,0379
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	10,900	15	11,5127	2,9726
		Paire 2	cctt1_induction	2,9000	15	3,83685	,99067
			cctt2_induction	6,1000	15	5,91366	1,52690
		Paire 3	cctt1_déduction	-1,2000	15	2,16960	,56019
			cctt2_déduction	2,0000	15	3,70328	,95618
		Paire 4	cctt1_observation	,6667	15	2,31198	,59695
			cctt2_observation	2,4333	15	4,07460	1,05206
		Paire 5	cctt1_crédibilité	,6667	15	2,31198	,59695
			cctt2_crédibilité	2,4333	15	4,07460	1,05206
		Paire 6	cctt1_hypothèse	-1,1333	15	1,52908	,39481
			cctt2_hypothèse	-,5667	15	1,86956	,48272
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,5894	6	,25300	,10328
			stroop3_rcs_s	,9639	6	,32135	,13119
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest compris dans l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	23,189	45	5,9861	,8923
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	15,156	45	12,6293	1,8827
		Paire 2	cctt1_induction	11,7889	45	3,38696	,50490
			cctt2_induction	8,2111	45	6,13808	,91501
		Paire 3	cctt1_déduction	5,3111	45	3,65141	,54432
			cctt2_déduction	3,9556	45	6,30640	,94010
		Paire 4	cctt1_observation	5,9444	45	3,79177	,56524
			cctt2_observation	3,2222	45	4,54592	,67767
		Paire 5	cctt1_crédibilité	5,9444	45	3,79177	,56524
			cctt2_crédibilité	3,2222	45	4,54592	,67767
		Paire 6	cctt1_hypothèse	,4889	45	2,17551	,32431
			cctt2_hypothèse	,5556	45	2,72660	,40646
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,8917	16	,33013	,08253
			stroop3_rcs_s	1,0627	16	,19578	,04895
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest supérieur à l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	37,136	11	3,3548	1,0115
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	29,864	11	10,3346	3,1160
		Paire 2	cctt1_induction	16,0000	11	3,00000	,90453
			cctt2_induction	12,5455	11	4,65002	1,40204
		Paire 3	cctt1_déduction	11,8182	11	4,46807	1,34717

			cctt2_déduction	10,2273	11	6,61575	1,99472
		Paire 4	cctt1_observation	9,4091	11	2,88806	,87078
			cctt2_observation	7,4091	11	4,47671	1,34978
		Paire 5	cctt1_crédibilité	9,4091	11	2,88806	,87078
			cctt2_crédibilité	7,4091	11	4,47671	1,34978
		Paire 6	cctt1_hypothèse	2,5455	11	2,54416	,76709
			cctt2_hypothèse	2,3636	11	2,80260	,84501
		Paire 7	stroop1_rcs_s	1,0270	4	,13054	,06527
			stroop3_rcs_s	1,0229	4	,18614	,09307
Groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest inférieur à l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	3,773	11	4,3667	1,3166
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	18,864	11	8,8235	2,6604
		Paire 2	cctt1_induction	2,6364	11	3,74226	1,12834
			cctt2_induction	10,3182	11	3,58659	1,08140
		Paire 3	cctt1_déduction	-,0909	11	1,62509	,48998
			cctt2_déduction	4,1364	11	3,87357	1,16793
		Paire 4	cctt1_observation	,8636	11	2,11058	,63636
			cctt2_observation	4,5455	11	5,27946	1,59182
		Paire 5	cctt1_crédibilité	,8636	11	2,11058	,63636
			cctt2_crédibilité	4,5455	11	5,27946	1,59182
		Paire 6	cctt1_hypothèse	-,6818	11	1,41903	,42785
			cctt2_hypothèse	,4545	11	2,19607	,66214
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,7897	8	,28274	,09996
			stroop3_rcs_s	1,0637	8	,29586	,10460
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest compris dans l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	23,772	46	6,4409	,9497
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	22,815	46	10,1343	1,4942
		Paire 2	cctt1_induction	12,4348	46	3,82333	,56372
			cctt2_induction	11,0652	46	4,79538	,70704
		Paire 3	cctt1_déduction	5,6848	46	4,35681	,64238
			cctt2_déduction	6,0870	46	5,02251	,74053
		Paire 4	cctt1_observation	5,7174	46	4,70420	,69360
			cctt2_observation	5,9457	46	4,69069	,69160
		Paire 5	cctt1_crédibilité	5,7174	46	4,70420	,69360
			cctt2_crédibilité	5,9457	46	4,69069	,69160
		Paire 6	cctt1_hypothèse	,4891	46	2,33212	,34385
			cctt2_hypothèse	,6304	46	2,79967	,41279
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,8120	28	,24813	,04689
			stroop3_rcs_s	1,0424	28	,29800	,05632
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest supérieur à l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	35,000	8	2,3755	,8399
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	36,313	8	5,1682	1,8272
		Paire 2	cctt1_induction	15,0625	8	3,07568	1,08742

			cctt2_induction	16,3125	8	3,05821	1,08124
		Paire 3	cctt1_déduction	10,8125	8	2,86528	1,01303
			cctt2_déduction	13,0625	8	3,90455	1,38047
		Paire 4	cctt1_observation	8,9375	8	2,38204	,84218
			cctt2_observation	7,6250	8	3,74881	1,32540
		Paire 5	cctt1_crédibilité	8,9375	8	2,38204	,84218
			cctt2_crédibilité	7,6250	8	3,74881	1,32540
		Paire 6	cctt1_hypothèse	2,1250	8	2,03101	,71807
			cctt2_hypothèse	3,7500	8	2,49285	,88135
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,8668	6	,06597	,02693
			stroop3_rcs_s	1,1183	6	,25784	,10526
Groupe vivant uniquement les pauses métacognitives	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest inférieur à l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	3,000	11	4,0435	1,2192
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	17,000	11	8,0218	2,4187
		Paire 2	cctt1_induction	4,1364	11	3,80191	1,14632
			cctt2_induction	8,8182	11	4,88504	1,47290
		Paire 3	cctt1_déduction	-1,7273	11	2,31693	,69858
			cctt2_déduction	3,3636	11	3,84116	1,15815
		Paire 4	cctt1_observation	-,0909	11	1,84144	,55522
			cctt2_observation	4,4545	11	4,96716	1,49766
		Paire 5	cctt1_crédibilité	-,0909	11	1,84144	,55522
			cctt2_crédibilité	4,4545	11	4,96716	1,49766
		Paire 6	cctt1_hypothèse	-2,3636	11	1,81784	,54810
			cctt2_hypothèse	-1,0455	11	2,12667	,64122
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,8452	7	,19355	,07316
			stroop3_rcs_s	1,1458	7	,09045	,03419
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest compris dans l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	22,059	51	4,9281	,6901
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	22,510	51	11,9530	1,6738
		Paire 2	cctt1_induction	11,6471	51	3,32008	,46490
			cctt2_induction	11,1373	51	5,32173	,74519
		Paire 3	cctt1_déduction	5,3922	51	4,58728	,64235
			cctt2_déduction	6,0000	51	5,33854	,74755
		Paire 4	cctt1_observation	4,8922	51	3,79251	,53106
			cctt2_observation	5,3725	51	4,77477	,66860
		Paire 5	cctt1_crédibilité	4,8922	51	3,79251	,53106
			cctt2_crédibilité	5,3725	51	4,77477	,66860
		Paire 6	cctt1_hypothèse	,3627	51	2,40433	,33667
			cctt2_hypothèse	,3039	51	2,52206	,35316
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,8587	48	,26555	,03833
			stroop3_rcs_s	,9902	48	,25047	,03615
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	37,375	16	3,9476	,9869

	supérieur à l'écart-type		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	27,500	16	13,7671	3,4418
		Paire 2	cctt1_induction	15,8750	16	4,06407	1,01602
			cctt2_induction	11,3438	16	5,83301	1,45825
		Paire 3	cctt1_déduction	12,0000	16	4,06202	1,01550
			cctt2_déduction	9,6563	16	6,33172	1,58293
		Paire 4	cctt1_observation	10,2188	16	2,16771	,54193
			cctt2_observation	6,6563	16	4,20602	1,05151
		Paire 5	cctt1_crédibilité	10,2188	16	2,16771	,54193
			cctt2_crédibilité	6,6563	16	4,20602	1,05151
		Paire 6	cctt1_hypothèse	3,0938	16	2,11517	,52879
			cctt2_hypothèse	2,7188	16	2,65185	,66296
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,9242	15	,23239	,06000
			stroop3_rcs_s	1,0714	15	,30152	,07785
Groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest inférieur à l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	3,885	13	4,6822	1,2986
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	12,577	13	8,5339	2,3669
		Paire 2	cctt1_induction	3,7692	13	4,88456	1,35473
			cctt2_induction	7,7308	13	5,60734	1,55520
		Paire 3	cctt1_déduction	-,3077	13	3,57968	,99282
			cctt2_déduction	1,5385	13	4,03351	1,11870
		Paire 4	cctt1_observation	-,2308	13	4,73733	1,31390
			cctt2_observation	3,0000	13	2,91548	,80861
		Paire 5	cctt1_crédibilité	-,2308	13	4,73733	1,31390
			cctt2_crédibilité	3,0000	13	2,91548	,80861
		Paire 6	cctt1_hypothèse	-,8846	13	1,90563	,52853
			cctt2_hypothèse	,5769	13	3,15467	,87495
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,6672	12	,36256	,10466
			stroop3_rcs_s	,9679	12	,30267	,08737
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest compris dans l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	20,518	57	5,4918	,7274
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	20,596	57	10,1860	1,3492
		Paire 2	cctt1_induction	10,5702	57	3,42970	,45427
			cctt2_induction	11,0351	57	4,84939	,64232
		Paire 3	cctt1_déduction	4,5965	57	3,91020	,51792
			cctt2_déduction	4,8596	57	5,15454	,68273
		Paire 4	cctt1_observation	5,2544	57	3,25977	,43177
			cctt2_observation	4,5175	57	4,74244	,62815
		Paire 5	cctt1_crédibilité	5,2544	57	3,25977	,43177
			cctt2_crédibilité	4,5175	57	4,74244	,62815
		Paire 6	cctt1_hypothèse	,1754	57	2,19677	,29097
			cctt2_hypothèse	,6491	57	2,78703	,36915
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,8784	51	,24612	,03446
			stroop3_rcs_s	1,0229	51	,24631	,03449

	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest supérieur à l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	36,727	11	3,4739	1,0474
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	32,136	11	13,4798	4,0643
		Paire 2	cctt1_induction	15,0455	11	2,78796	,84060
			cctt2_induction	13,5000	11	5,31507	1,60255
		Paire 3	cctt1_déduction	13,0909	11	3,25437	,98123
			cctt2_déduction	11,5000	11	4,72229	1,42382
		Paire 4	cctt1_observation	9,0455	11	2,57347	,77593
			cctt2_observation	7,2727	11	4,88039	1,47149
		Paire 5	cctt1_crédibilité	9,0455	11	2,57347	,77593
			cctt2_crédibilité	7,2727	11	4,88039	1,47149
		Paire 6	cctt1_hypothèse	3,9091	11	1,28098	,38623
			cctt2_hypothèse	3,9545	11	2,05493	,61958
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,9863	10	,26126	,08262
			stroop3_rcs_s	,9901	10	,33201	,10499

Tableau 75. Test t des échantillons appariés entre le prétest et le post-test pour le sous-groupe de performance au CCTT en prétest

Test des échantillons appariés entre le prétest et le post-test pour le sous-groupe de performance au CCTT en prétest												
Groupe pour la recherche	Groupe d'élèves en fonction de leur performance au CCTT au prétest			Différences appariées					t	df	Signification	
				Moyenne	Écart type	Moyenne d'erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %				p unilatéral	p bilatéral
							Inférieur	Supérieur				
Groupe vivant uniquement les pauses métacognitives	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest compris dans l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	-,4510	11,1249	1,5578	-3,5799	2,6779	-,289	50	,387	,773
		Paire 2	cctt1_induction - cctt2_induction	,50980	5,26354	,73704	-,97059	1,99020	,692	50	,246	,492
		Paire 3	cctt1_déduction - cctt2_déduction	-,60784	5,96013	,83458	-2,28416	1,06847	-,728	50	,235	,470
		Paire 4	cctt1_observation - cctt2_observation	-,48039	5,43963	,76170	-2,01031	1,04953	-,631	50	,266	,531

		Paire 5	cctt1_crédibilité - cctt2_crédibilité	-,48039	5,43963	,76170	-2,01031	1,04953	-,631	50	,266	,531
		Paire 6	cctt1_hypothèse - cctt2_hypothèse	,05882	3,02762	,42395	-,79271	,91035	,139	50	,445	,890
		Paire 7	stroop1_rcs_s - stroop3_rcs_s	-,13143	,33406	,04822	-,22843	-,03443	-2,726	47	,004	,009
Groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest compris dans l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	-,0789	9,9134	1,3131	-2,7093	2,5514	-,060	56	,476	,952
		Paire 2	cctt1_induction - cctt2_induction	-,46491	5,92427	,78469	-2,03683	1,10701	-,592	56	,278	,556
		Paire 3	cctt1_déduction - cctt2_déduction	-,26316	4,86708	,64466	-1,55457	1,02825	-,408	56	,342	,685
		Paire 4	cctt1_observation - cctt2_observation	,73684	4,78568	,63388	-,53297	2,00665	1,162	56	,125	,250
		Paire 5	cctt1_crédibilité - cctt2_crédibilité	,73684	4,78568	,63388	-,53297	2,00665	1,162	56	,125	,250
		Paire 6	cctt1_hypothèse - cctt2_hypothèse	-,47368	3,24370	,42964	-1,33435	,38699	-1,103	56	,137	,275
		Paire 7	stroop1_rcs_s - stroop3_rcs_s	-,14451	,34723	,04862	-,24217	-,04685	-2,972	50	,002	,005

Tableau 76. Test de Wilcoxon entre le prétest et le post-test pour le sous-groupe de performance au CCTT en prétest

Rangs						
Groupe pour la recherche	Groupe d'élèves en fonction de leur performance au CCTT au prétest			N	Rang moyen :	Somme des rangs
Groupe contrôle	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest inférieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	0[a]	,00	,00
			Rangs positifs	9[b]	5,00	45,00
			Ex aequo	6[c]		
			Total	15		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	3[d]	2,33	7,00
			Rangs positifs	7[e]	6,86	48,00
			Ex aequo	5[f]		
			Total	15		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	1[g]	3,50	3,50
			Rangs positifs	9[h]	5,72	51,50
			Ex aequo	5[i]		
			Total	15		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	1[j]	8,50	8,50
			Rangs positifs	9[k]	5,17	46,50
			Ex aequo	5[l]		
			Total	15		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	1[m]	8,50	8,50
			Rangs positifs	9[n]	5,17	46,50
			Ex aequo	5[o]		
			Total	15		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	3[p]	7,17	21,50
			Rangs positifs	8[q]	5,56	44,50
			Ex aequo	4[r]		
			Total	15		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	1[s]	2,00	2,00
			Rangs positifs	5[t]	3,80	19,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	6		
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest compris dans l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	34[a]	25,03	851,00
			Rangs positifs	11[b]	16,73	184,00
			Ex aequo	0[c]		
			Total	45		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	27[d]	22,00	594,00
			Rangs positifs	11[e]	13,36	147,00
			Ex aequo	7[f]		
			Total	45		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	28[g]	20,89	585,00
			Rangs positifs	14[h]	22,71	318,00
			Ex aequo	3[i]		
			Total	45		
			Rangs négatifs	32[j]	22,83	730,50

		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs positifs	10[k]	17,25	172,50
			Ex aequo	3[l]		
			Total	45		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	32[m]	22,83	730,50
			Rangs positifs	10[n]	17,25	172,50
			Ex aequo	3[o]		
			Total	45		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	20[p]	18,88	377,50
			Rangs positifs	19[q]	21,18	402,50
			Ex aequo	6[r]		
			Total	45		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	7[s]	6,00	42,00
			Rangs positifs	9[t]	10,44	94,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	16		
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest supérieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	10[a]	5,80	58,00
			Rangs positifs	1[b]	8,00	8,00
			Ex aequo	0[c]		
			Total	11		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	9[d]	5,83	52,50
			Rangs positifs	1[e]	2,50	2,50
			Ex aequo	1[f]		
			Total	11		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	7[g]	6,57	46,00
			Rangs positifs	4[h]	5,00	20,00
			Ex aequo	0[i]		
			Total	11		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	7[j]	5,29	37,00
			Rangs positifs	3[k]	6,00	18,00
			Ex aequo	1[l]		
			Total	11		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	7[m]	5,29	37,00
			Rangs positifs	3[n]	6,00	18,00
			Ex aequo	1[o]		
			Total	11		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	3[p]	3,00	9,00
			Rangs positifs	3[q]	4,00	12,00
			Ex aequo	5[r]		
			Total	11		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	1[s]	4,00	4,00
			Rangs positifs	3[t]	2,00	6,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	4		
Groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest inférieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	0[a]	,00	,00
			Rangs positifs	11[b]	6,00	66,00
			Ex aequo	0[c]		
			Total	11		
			Rangs négatifs	1[d]	2,50	2,50

		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs positifs	10[e]	6,35	63,50
			Ex aequo	0[f]		
			Total	11		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	2[g]	2,75	5,50
			Rangs positifs	9[h]	6,72	60,50
			Ex aequo	0[i]		
			Total	11		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	2[j]	7,25	14,50
			Rangs positifs	9[k]	5,72	51,50
			Ex aequo	0[l]		
			Total	11		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	2[m]	7,25	14,50
			Rangs positifs	9[n]	5,72	51,50
			Ex aequo	0[o]		
			Total	11		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	3[p]	5,33	16,00
			Rangs positifs	8[q]	6,25	50,00
			Ex aequo	0[r]		
			Total	11		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	2[s]	5,00	10,00
			Rangs positifs	6[t]	4,33	26,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	8		
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest compris dans l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	24[a]	22,00	528,00
			Rangs positifs	21[b]	24,14	507,00
			Ex aequo	1[c]		
			Total	46		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	20[d]	28,73	574,50
			Rangs positifs	23[e]	16,15	371,50
			Ex aequo	3[f]		
			Total	46		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	20[g]	24,30	486,00
			Rangs positifs	25[h]	21,96	549,00
			Ex aequo	1[i]		
			Total	46		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	18[j]	22,14	398,50
			Rangs positifs	24[k]	21,02	504,50
			Ex aequo	4[l]		
			Total	46		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	18[m]	22,14	398,50
			Rangs positifs	24[n]	21,02	504,50
			Ex aequo	4[o]		
			Total	46		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	22[p]	22,98	505,50
			Rangs positifs	23[q]	23,02	529,50
			Ex aequo	1[r]		
			Total	46		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	7[s]	8,86	62,00
			Rangs positifs	21[t]	16,38	344,00

			Ex aequo	0[u]		
			Total	28		
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest supérieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	4[a]	3,75	15,00
			Rangs positifs	4[b]	5,25	21,00
			Ex aequo	0[c]		
			Total	8		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	2[d]	4,50	9,00
			Rangs positifs	5[e]	3,80	19,00
			Ex aequo	1[f]		
			Total	8		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	2[g]	2,75	5,50
			Rangs positifs	6[h]	5,08	30,50
			Ex aequo	0[i]		
			Total	8		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	4[j]	4,88	19,50
			Rangs positifs	3[k]	2,83	8,50
			Ex aequo	1[l]		
			Total	8		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	4[m]	4,88	19,50
			Rangs positifs	3[n]	2,83	8,50
			Ex aequo	1[o]		
			Total	8		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	1[p]	1,00	1,00
			Rangs positifs	6[q]	4,50	27,00
			Ex aequo	1[r]		
			Total	8		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	1[s]	2,00	2,00
			Rangs positifs	5[t]	3,80	19,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	6		
Groupe vivant uniquement les pauses métacognitives	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest inférieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	0[a]	,00	,00
			Rangs positifs	11[b]	6,00	66,00
			Ex aequo	0[c]		
			Total	11		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	1[d]	2,00	2,00
			Rangs positifs	9[e]	5,89	53,00
			Ex aequo	1[f]		
			Total	11		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	1[g]	2,00	2,00
			Rangs positifs	10[h]	6,40	64,00
			Ex aequo	0[i]		
			Total	11		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	2[j]	3,00	6,00
			Rangs positifs	8[k]	6,13	49,00
			Ex aequo	1[l]		
			Total	11		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	2[m]	3,00	6,00
			Rangs positifs	8[n]	6,13	49,00

			Ex aequo	1[o]		
			Total	11		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	3[p]	4,00	12,00
			Rangs positifs	7[q]	6,14	43,00
			Ex aequo	1[r]		
			Total	11		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	1[s]	1,00	1,00
			Rangs positifs	6[t]	4,50	27,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	7		
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest compris dans l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	17[a]	31,15	529,50
			Rangs positifs	34[b]	23,43	796,50
			Ex aequo	0[c]		
			Total	51		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	21[d]	26,62	559,00
			Rangs positifs	25[e]	20,88	522,00
			Ex aequo	5[f]		
			Total	51		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	18[g]	24,03	432,50
			Rangs positifs	29[h]	23,98	695,50
			Ex aequo	4[i]		
			Total	51		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	20[j]	23,78	475,50
			Rangs positifs	25[k]	22,38	559,50
			Ex aequo	6[l]		
			Total	51		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	20[m]	23,78	475,50
			Rangs positifs	25[n]	22,38	559,50
			Ex aequo	6[o]		
			Total	51		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	20[p]	23,03	460,50
			Rangs positifs	22[q]	20,11	442,50
			Ex aequo	9[r]		
			Total	51		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	15[s]	20,80	312,00
			Rangs positifs	33[t]	26,18	864,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	48		
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest supérieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	10[a]	11,50	115,00
			Rangs positifs	6[b]	3,50	21,00
			Ex aequo	0[c]		
			Total	16		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	12[d]	9,00	108,00
			Rangs positifs	3[e]	4,00	12,00
			Ex aequo	1[f]		
			Total	16		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	10[g]	9,75	97,50
			Rangs positifs	6[h]	6,42	38,50

			Ex aequo	0[i]		
			Total	16		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	11[j]	9,77	107,50
			Rangs positifs	4[k]	3,13	12,50
			Ex aequo	1[l]		
			Total	16		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	11[m]	9,77	107,50
			Rangs positifs	4[n]	3,13	12,50
			Ex aequo	1[o]		
			Total	16		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	8[p]	9,00	72,00
			Rangs positifs	7[q]	6,86	48,00
			Ex aequo	1[r]		
			Total	16		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	5[s]	6,20	31,00
			Rangs positifs	10[t]	8,90	89,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	15		
Groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur	Élève ayant une performance au CCTT au prétest inférieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	1[a]	4,50	4,50
			Rangs positifs	12[b]	7,21	86,50
			Ex aequo	0[c]		
			Total	13		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	2[d]	4,25	8,50
			Rangs positifs	9[e]	6,39	57,50
			Ex aequo	2[f]		
			Total	13		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	5[g]	6,00	30,00
			Rangs positifs	8[h]	7,63	61,00
			Ex aequo	0[i]		
			Total	13		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	4[j]	3,88	15,50
			Rangs positifs	8[k]	7,81	62,50
			Ex aequo	1[l]		
			Total	13		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	4[m]	3,88	15,50
			Rangs positifs	8[n]	7,81	62,50
			Ex aequo	1[o]		
			Total	13		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	4[p]	3,75	15,00
			Rangs positifs	6[q]	6,67	40,00
			Ex aequo	3[r]		
			Total	13		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	4[s]	4,00	16,00
			Rangs positifs	8[t]	7,75	62,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	12		
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) -	Rangs négatifs	22[a]	32,50	715,00
			Rangs positifs	34[b]	25,91	881,00
			Ex aequo	1[c]		

	compris dans l'écart-type	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Total	57		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	21[d]	31,67	665,00
			Rangs positifs	33[e]	24,85	820,00
			Ex aequo	3[f]		
			Total	57		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	28[g]	23,98	671,50
			Rangs positifs	25[h]	30,38	759,50
			Ex aequo	4[i]		
			Total	57		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	29[j]	28,95	839,50
			Rangs positifs	24[k]	24,65	591,50
			Ex aequo	4[l]		
			Total	57		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	29[m]	28,95	839,50
			Rangs positifs	24[n]	24,65	591,50
			Ex aequo	4[o]		
			Total	57		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	21[p]	25,38	533,00
			Rangs positifs	29[q]	25,59	742,00
			Ex aequo	7[r]		
			Total	57		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	11[s]	26,91	296,00
			Rangs positifs	40[t]	25,75	1030,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	51		
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest supérieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	7[a]	5,64	39,50
			Rangs positifs	4[b]	6,63	26,50
			Ex aequo	0[c]		
			Total	11		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	5[d]	7,50	37,50
			Rangs positifs	6[e]	4,75	28,50
			Ex aequo	0[f]		
			Total	11		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	6[g]	5,50	33,00
			Rangs positifs	4[h]	5,50	22,00
			Ex aequo	1[i]		
			Total	11		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	7[j]	6,36	44,50
			Rangs positifs	4[k]	5,38	21,50
			Ex aequo	0[l]		
			Total	11		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	7[m]	6,36	44,50
			Rangs positifs	4[n]	5,38	21,50
			Ex aequo	0[o]		
			Total	11		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	5[p]	4,90	24,50
			Rangs positifs	4[q]	5,13	20,50

			Ex aequo	2[r]		
			Total	11		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	6[s]	4,17	25,00
			Rangs positifs	4[t]	7,50	30,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	10		

a. Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) < Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)

b. Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) > Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)

c. Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) = Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)

d. cctt2_induction < cctt1_induction

e. cctt2_induction > cctt1_induction

f. cctt2_induction = cctt1_induction

g. cctt2_déduction < cctt1_déduction

h. cctt2_déduction > cctt1_déduction

i. cctt2_déduction = cctt1_déduction

j. cctt2_observation < cctt1_observation

k. cctt2_observation > cctt1_observation

l. cctt2_observation = cctt1_observation

m. cctt2_crédibilité < cctt1_crédibilité

n. cctt2_crédibilité > cctt1_crédibilité

o. cctt2_crédibilité = cctt1_crédibilité

p. cctt2_hypothèse < cctt1_hypothèse

q. cctt2_hypothèse > cctt1_hypothèse

r. cctt2_hypothèse = cctt1_hypothèse

s. stroop3_rcs_s < stroop1_rcs_s

t. stroop3_rcs_s > stroop1_rcs_s

u. stroop3_rcs_s = stroop1_rcs_s

Tests statistiques de Wilcoxon

Groupe pour la recherche	Groupe d'élèves en fonction de leur performance au CCTT au prétest		Résultat global au CCTT en post-test	cctt2_induction - cctt1_induction	cctt2_déduction - cctt1_déduction	cctt2_observation - cctt1_observation	cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s
Groupe contrôle	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest inférieur à l'écart-type	Z	-2,666[b]	-2,096[b]	-2,449[b]	-1,939[b]	-1,939[b]	-1,025[b]	-1,782[b]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,008	,036	,014	,052	,052	,305	,075
	Élèves ayant une	Z	-3,765[c]	-3,246[c]	-1,673[c]	-3,500[c]	-3,500[c]	-,176[b]	-1,344[b]

	performance au CCTT au prétest compris dans l'écart-type	Sig. asymptotique (bilatérale)	<,001	,001	,094	<,001	<,001	,861	,179
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest supérieur à l'écart-type	Z	-2,223[c]	-2,565[c]	-1,162[c]	-,975[c]	-,975[c]	-,316[b]	-,365[b]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,026	,010	,245	,330	,330	,752	,715
Groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest inférieur à l'écart-type	Z	-2,934[b]	-2,714[b]	-2,447[b]	-1,646[b]	-1,646[b]	-1,514[b]	-1,120[b]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,003	,007	,014	,100	,100	,130	,263
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest compris dans l'écart-type	Z	-,119[c]	-1,229[c]	-,356[b]	-,664[b]	-,664[b]	-,136[b]	-3,211[b]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,906	,219	,722	,507	,507	,892	,001
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest supérieur à l'écart-type	Z	-,421[b]	-,851[b]	-1,752[b]	-,931[c]	-,931[c]	-2,205[b]	-1,782[b]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,674	,395	,080	,352	,352	,027	,075
Groupe vivant uniquement les pauses métacognitives	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest inférieur à l'écart-type	Z	-2,937[b]	-2,603[b]	-2,764[b]	-2,193[b]	-2,193[b]	-1,601[b]	-2,197[b]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,003	,009	,006	,028	,028	,109	,028
	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest supérieur à l'écart-type	Z	-2,431[c]	-2,740[c]	-1,527[c]	-2,702[c]	-2,702[c]	-,684[c]	-1,647[b]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,015	,006	,127	,007	,007	,494	,100
Groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest inférieur à l'écart-type	Z	-2,866[b]	-2,184[b]	-1,086[b]	-1,844[b]	-1,844[b]	-1,278[b]	-1,804[b]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,004	,029	,278	,065	,065	,201	,071
		Z	-,578[c]	-,402[c]	-,561[c]	-1,023[c]	-1,023[c]	-,238[c]	-,255[b]

	Élèves ayant une performance au CCTT au prétest supérieur à l'écart-type	Sig. asymptotique (bilatérale)	,563	,687	,575	,306	,306	,812	,799
a. Test de classement de Wilcoxon									
b. Basée sur les rangs négatifs.									
c. Basée sur les rangs positifs.									

Tableau 77. Statistiques descriptives des moyennes au prétest et au post-test pour le sous-groupe de performance au CE1D

Statistique descriptive des échantillons appariés au prétest et au post-test pour le sous-groupe de performance au CE1D							
Groupe pour la recherche	Groupe d'élèves en fonction de leur performance au CE1D			Moyenne	N	Écart type	Moyenne d'erreur standard
Groupe contrôle	.	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	25,300	5	11,7239	5,2431
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	20,900	5	21,0547	9,4159
		Paire 2	cctt1_induction	13,0000	5	3,31662	1,48324
			cctt2_induction	8,8000	5	9,62808	4,30581
		Paire 3	cctt1_déduction	6,1000	5	9,35013	4,18151
			cctt2_déduction	7,7000	5	10,80278	4,83115
		Paire 4	cctt1_observation	6,1000	5	2,04328	,91378
			cctt2_observation	4,3000	5	5,32212	2,38013
		Paire 5	cctt1_crédibilité	6,1000	5	2,04328	,91378
			cctt2_crédibilité	4,3000	5	5,32212	2,38013
		Paire 6	cctt1_hypothèse	1,2000	5	4,25147	1,90132
			cctt2_hypothèse	1,6000	5	5,04232	2,25499
		Paire 7	stroop1_rcs_s	1,0042	1[a]	.	.
			stroop3_rcs_s	1,1475	1[a]	.	.
	Élèves performant le moins bien, résultat inférieur à l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	7,042	12	7,3127	2,1110
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	7,667	12	8,0208	2,3154
		Paire 2	cctt1_induction	5,2917	12	4,53501	1,30914
			cctt2_induction	5,4167	12	4,63599	1,33830
		Paire 3	cctt1_déduction	,8333	12	3,53768	1,02124
			cctt2_déduction	1,5000	12	3,78394	1,09233
		Paire 4	cctt1_observation	,7500	12	2,51812	,72692
			cctt2_observation	,5000	12	2,95420	,85280
		Paire 5	cctt1_crédibilité	,7500	12	2,51812	,72692
			cctt2_crédibilité	,5000	12	2,95420	,85280
		Paire 6	cctt1_hypothèse	-,0417	12	2,42579	,70027
			cctt2_hypothèse	,1250	12	2,56838	,74143
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,6791	3	,30727	,17740
			stroop3_rcs_s	1,1851	3	,03421	,01975

	Élèves performant dans la moyenne, résultats compris dans l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	23,703	37	10,4904	1,7246
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	16,068	37	12,7966	2,1037
		Paire 2	cctt1_induction	12,0135	37	5,22080	,85829
			cctt2_induction	8,4324	37	5,89275	,96876
		Paire 3	cctt1_déduction	5,2838	37	4,37090	,71857
			cctt2_déduction	3,4189	37	5,96345	,98038
		Paire 4	cctt1_observation	6,4054	37	4,50438	,74052
			cctt2_observation	4,6081	37	4,51869	,74287
		Paire 5	cctt1_crédibilité	6,4054	37	4,50438	,74052
			cctt2_crédibilité	4,6081	37	4,51869	,74287
		Paire 6	cctt1_hypothèse	,3919	37	2,08878	,34339
			cctt2_hypothèse	,1351	37	2,59981	,42741
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,8125	14	,30390	,08122
			stroop3_rcs_s	1,0637	14	,21659	,05789
	Élèves performant le mieux, résultats supérieurs à l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	23,647	17	11,7017	2,8381
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	22,529	17	12,3079	2,9851
		Paire 2	cctt1_induction	10,4118	17	4,88376	1,18449
			cctt2_induction	10,4706	17	6,10192	1,47993
		Paire 3	cctt1_déduction	6,7647	17	5,58491	1,35454
			cctt2_déduction	8,0882	17	5,70974	1,38481
		Paire 4	cctt1_observation	6,1471	17	3,45853	,83882
			cctt2_observation	3,8235	17	5,17186	1,25436
		Paire 5	cctt1_crédibilité	6,1471	17	3,45853	,83882
			cctt2_crédibilité	3,8235	17	5,17186	1,25436
		Paire 6	cctt1_hypothèse	,7647	17	2,37248	,57541
			cctt2_hypothèse	1,6471	17	1,89378	,45931
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,9369	8	,37526	,13267
			stroop3_rcs_s	,9105	8	,24215	,08561
Groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur	.	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	26,300	5	10,7331	4,8000
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	24,000	5	15,8193	7,0746
		Paire 2	cctt1_induction	13,6000	5	6,12781	2,74044
			cctt2_induction	12,0000	5	6,95521	3,11047
		Paire 3	cctt1_déduction	5,6000	5	4,66905	2,08806
			cctt2_déduction	6,6000	5	6,94082	3,10403
		Paire 4	cctt1_observation	7,7000	5	3,88265	1,73638
			cctt2_observation	6,2000	5	4,25147	1,90132
		Paire 5	cctt1_crédibilité	7,7000	5	3,88265	1,73638
			cctt2_crédibilité	6,2000	5	4,25147	1,90132
		Paire 6	cctt1_hypothèse	,7000	5	2,70647	1,21037
			cctt2_hypothèse	,9000	5	3,78153	1,69115
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,5622	3	,25160	,14526
			stroop3_rcs_s	1,0272	3	,49909	,28815

	Élèves performant le moins bien, résultat inférieur à l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	19,045	11	7,8564	2,3688
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	15,591	11	9,1401	2,7558
		Paire 2	cctt1_induction	9,9545	11	2,82360	,85135
			cctt2_induction	6,9545	11	5,18389	1,56300
		Paire 3	cctt1_déduction	3,5909	11	3,74712	1,12980
			cctt2_déduction	3,7273	11	2,56285	,77273
		Paire 4	cctt1_observation	5,7727	11	5,46518	1,64781
			cctt2_observation	5,2727	11	4,36098	1,31489
		Paire 5	cctt1_crédibilité	5,7727	11	5,46518	1,64781
			cctt2_crédibilité	5,2727	11	4,36098	1,31489
		Paire 6	cctt1_hypothèse	,6818	11	1,95285	,58881
			cctt2_hypothèse	-,5000	11	1,68819	,50901
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,6565	5	,16636	,07440
			stroop3_rcs_s	,9600	5	,29082	,13006
	Élèves performant dans la moyenne, résultats compris dans l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	21,262	42	10,9590	1,6910
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	24,833	42	9,8820	1,5248
		Paire 2	cctt1_induction	10,9286	42	5,73880	,88552
			cctt2_induction	12,2381	42	3,91252	,60371
		Paire 3	cctt1_déduction	5,5000	42	5,15728	,79579
			cctt2_déduction	7,0595	42	5,78602	,89280
		Paire 4	cctt1_observation	4,6548	42	4,64271	,71639
			cctt2_observation	5,7738	42	4,98804	,76967
		Paire 5	cctt1_crédibilité	4,6548	42	4,64271	,71639
			cctt2_crédibilité	5,7738	42	4,98804	,76967
		Paire 6	cctt1_hypothèse	,4167	42	2,46170	,37985
			cctt2_hypothèse	1,2619	42	3,08861	,47658
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,8421	27	,24044	,04627
			stroop3_rcs_s	1,0855	27	,27529	,05298
	Élèves performant le mieux, résultats supérieurs à l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	25,857	7	12,4523	4,7065
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	30,429	7	6,0307	2,2794
		Paire 2	cctt1_induction	12,1429	7	6,12178	2,31382
			cctt2_induction	14,6429	7	2,15473	,81441
		Paire 3	cctt1_déduction	6,9286	7	4,77344	1,80419
			cctt2_déduction	8,5000	7	2,85774	1,08012
		Paire 4	cctt1_observation	6,6429	7	4,21025	1,59132
			cctt2_observation	7,5714	7	4,15761	1,57143
		Paire 5	cctt1_crédibilité	6,6429	7	4,21025	1,59132
			cctt2_crédibilité	7,5714	7	4,15761	1,57143
		Paire 6	cctt1_hypothèse	,5000	7	1,50000	,56695
			cctt2_hypothèse	1,7143	7	1,03510	,39123
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,9354	7	,11989	,04531
			stroop3_rcs_s	1,0311	7	,28533	,10785

Groupe vivant uniquement les pauses métacognitives	.	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	17,167	3	15,0361	8,6811
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	26,167	3	8,4014	4,8505
		Paire 2	cctt1_induction	8,0000	3	6,94622	4,01040
			cctt2_induction	10,0000	3	2,59808	1,50000
		Paire 3	cctt1_déduction	3,6667	3	4,72582	2,72845
			cctt2_déduction	10,0000	3	4,82183	2,78388
		Paire 4	cctt1_observation	5,0000	3	4,58258	2,64575
			cctt2_observation	6,1667	3	3,25320	1,87824
		Paire 5	cctt1_crédibilité	5,0000	3	4,58258	2,64575
			cctt2_crédibilité	6,1667	3	3,25320	1,87824
		Paire 6	cctt1_hypothèse	1,3333	3	2,75379	1,58990
			cctt2_hypothèse	3,5000	3	2,29129	1,32288
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,7688	2	,48214	,34093
			stroop3_rcs_s	,7655	2	,32499	,22980
	Élèves performant le moins bien, résultat inférieur à l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	17,625	12	10,7959	3,1165
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	17,083	12	12,8803	3,7182
		Paire 2	cctt1_induction	8,8750	12	6,19430	1,78814
			cctt2_induction	9,5000	12	6,02646	1,73969
		Paire 3	cctt1_déduction	5,2083	12	6,31542	1,82310
			cctt2_déduction	4,4583	12	6,06577	1,75104
		Paire 4	cctt1_observation	3,4167	12	3,39005	,97862
			cctt2_observation	2,8750	12	5,11293	1,47598
		Paire 5	cctt1_crédibilité	3,4167	12	3,39005	,97862
			cctt2_crédibilité	2,8750	12	5,11293	1,47598
		Paire 6	cctt1_hypothèse	-,0833	12	3,04387	,87869
			cctt2_hypothèse	-,8750	12	2,17554	,62802
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,8326	10	,25987	,08218
			stroop3_rcs_s	1,0467	10	,16142	,05105
	Élèves performant dans la moyenne, résultats compris dans l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	21,990	48	10,5460	1,5222
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	20,927	48	11,8088	1,7044
		Paire 2	cctt1_induction	11,6250	48	4,50000	,64952
			cctt2_induction	10,1771	48	5,53181	,79845
		Paire 3	cctt1_déduction	5,2396	48	5,70180	,82298
			cctt2_déduction	5,3646	48	4,80773	,69394
		Paire 4	cctt1_observation	5,0313	48	4,56444	,65882
			cctt2_observation	5,2813	48	4,60678	,66493
		Paire 5	cctt1_crédibilité	5,0313	48	4,56444	,65882
			cctt2_crédibilité	5,2813	48	4,60678	,66493
		Paire 6	cctt1_hypothèse	,4792	48	2,67566	,38620
			cctt2_hypothèse	,2292	48	2,47102	,35666
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,8425	44	,23835	,03593
			stroop3_rcs_s	1,0392	44	,25414	,03831

	Élèves performant le mieux, résultats supérieurs à l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	29,167	15	9,7590	2,5198
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	32,467	15	7,7540	2,0021
		Paire 2	cctt1_induction	13,6667	15	3,64822	,94197
			cctt2_induction	14,2667	15	3,23412	,83505
		Paire 3	cctt1_déduction	8,2000	15	5,79039	1,49507
			cctt2_déduction	10,4333	15	6,18716	1,59752
		Paire 4	cctt1_observation	7,6333	15	4,33617	1,11959
			cctt2_observation	8,2000	15	3,62925	,93707
		Paire 5	cctt1_crédibilité	7,6333	15	4,33617	1,11959
			cctt2_crédibilité	8,2000	15	3,62925	,93707
		Paire 6	cctt1_hypothèse	1,0667	15	2,96929	,76667
			cctt2_hypothèse	2,4333	15	2,89005	,74621
		Paire 7	stroop1_rcs_s	1,0046	14	,23942	,06399
			stroop3_rcs_s	,9925	14	,30162	,08061
Groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur	.	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	16,000	2	7,0711	5,0000
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	22,250	2	9,5459	6,7500
		Paire 2	cctt1_induction	7,0000	2	2,12132	1,50000
			cctt2_induction	12,2500	2	5,30330	3,75000
		Paire 3	cctt1_déduction	4,7500	2	1,76777	1,25000
			cctt2_déduction	1,5000	2	4,24264	3,00000
		Paire 4	cctt1_observation	5,5000	2	7,77817	5,50000
			cctt2_observation	8,2500	2	9,54594	6,75000
		Paire 5	cctt1_crédibilité	5,5000	2	7,77817	5,50000
			cctt2_crédibilité	8,2500	2	9,54594	6,75000
		Paire 6	cctt1_hypothèse	-2,0000	2	,00000	,00000
			cctt2_hypothèse	1,0000	2	4,24264	3,00000
		Paire 7	stroop1_rcs_s	1,0981	2	,11956	,08454
			stroop3_rcs_s	1,0355	2	,27865	,19703
	Élèves performant le moins bien, résultat inférieur à l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	14,400	15	7,7395	1,9983
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	12,400	15	9,4929	2,4510
		Paire 2	cctt1_induction	7,5000	15	5,51945	1,42511
			cctt2_induction	8,0000	15	6,02080	1,55456
		Paire 3	cctt1_déduction	1,7333	15	3,66872	,94726
			cctt2_déduction	2,3667	15	4,41372	1,13962
		Paire 4	cctt1_observation	4,9667	15	3,11945	,80544
			cctt2_observation	2,0333	15	2,93663	,75824
		Paire 5	cctt1_crédibilité	4,9667	15	3,11945	,80544
			cctt2_crédibilité	2,0333	15	2,93663	,75824
		Paire 6	cctt1_hypothèse	,1667	15	2,33503	,60290
			cctt2_hypothèse	,5667	15	2,24298	,57913
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,8942	14	,30239	,08082
			stroop3_rcs_s	,9211	14	,34803	,09301

	Élèves performant dans la moyenne, résultats compris dans l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	20,404	57	10,5087	1,3919
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	21,754	57	10,9026	1,4441
		Paire 2	cctt1_induction	10,5088	57	4,56646	,60484
			cctt2_induction	11,0614	57	4,95161	,65586
		Paire 3	cctt1_déduction	5,1842	57	5,27683	,69893
			cctt2_déduction	5,5877	57	5,59825	,74151
		Paire 4	cctt1_observation	4,4912	57	4,54491	,60199
			cctt2_observation	4,8772	57	4,44438	,58867
		Paire 5	cctt1_crédibilité	4,4912	57	4,54491	,60199
			cctt2_crédibilité	4,8772	57	4,44438	,58867
		Paire 6	cctt1_hypothèse	,5000	57	2,51957	,33372
			cctt2_hypothèse	1,0439	57	3,03297	,40173
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,8443	51	,28547	,03997
			stroop3_rcs_s	1,0257	51	,23532	,03295
	Élèves performant le mieux, résultats supérieurs à l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	30,429	7	5,7186	2,1614
			Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	31,500	7	12,0485	4,5539
		Paire 2	cctt1_induction	13,0714	7	2,40535	,90914
			cctt2_induction	14,7143	7	2,61179	,98716
		Paire 3	cctt1_déduction	10,1429	7	4,34659	1,64286
			cctt2_déduction	9,5000	7	5,65685	2,13809
		Paire 4	cctt1_observation	7,7857	7	2,79668	1,05705
			cctt2_observation	7,3571	7	5,92814	2,24063
		Paire 5	cctt1_crédibilité	7,7857	7	2,79668	1,05705
			cctt2_crédibilité	7,3571	7	5,92814	2,24063
		Paire 6	cctt1_hypothèse	2,0714	7	2,07020	,78246
			cctt2_hypothèse	2,5714	7	3,61050	1,36464
		Paire 7	stroop1_rcs_s	,8155	6	,23662	,09660
			stroop3_rcs_s	1,0678	6	,31667	,12928

a. La corrélation et t ne peuvent être calculés, car la somme des observations pondérées est inférieure ou égale à 1.

Tableau 78. Test t des échantillons appariés entre le prétest et le post-test pour le sous-groupe de performance au CE1D

Test des échantillons appariés entre le prétest et le post-test pour le sous-groupe de performance au CE1D												
Groupe pour la recherche	Groupe d'élèves en fonction de leur performance au CE1D			Différences appariées					t	df	Signification	
				Moyenne	Écart type	Moyenne d'erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %				p unilatéral	p bilatéral
							Inférieur	Supérieur				
Groupe vivant uniquement les pauses ~~métacognitives~~	Élèves performant dans la moyenne,	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	1,0625	13,5280	1,9526	-2,8656	4,9906	,544	47	,294	,589

		Paire 2	cctt1_induction - cctt2_induction	1,44792	5,97534	,86247	-,28714	3,18297	1,679	47	,050	,100
		Paire 3	cctt1_déduction - cctt2_déduction	-,12500	6,01991	,86890	-1,87300	1,62300	-,144	47	,443	,886
		Paire 4	cctt1_observation - cctt2_observation	-,25000	5,76951	,83276	-1,92529	1,42529	-,300	47	,383	,765
		Paire 5	cctt1_crédibilité - cctt2_crédibilité	-,25000	5,76951	,83276	-1,92529	1,42529	-,300	47	,383	,765
		Paire 6	cctt1_hypothèse - cctt2_hypothèse	,25000	2,62354	,37868	-,51180	1,01180	,660	47	,256	,512
		Paire 7	stroop1_rcs_s - stroop3_rcs_s	-,19671	,31213	,04706	-,29160	-,10181	-4,180	43	<,001	<,001
Groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur	Élèves performant dans la moyenne, résultats compris dans l'écart-type	Paire 1	Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71)	-1,3509	11,5058	1,5240	-4,4038	1,7020	-,886	56	,190	,379
		Paire 2	cctt1_induction - cctt2_induction	-,55263	5,67079	,75111	-2,05730	,95203	-,736	56	,232	,465
		Paire 3	cctt1_déduction - cctt2_déduction	-,40351	5,24101	,69419	-1,79414	,98712	-,581	56	,282	,563
		Paire 4	cctt1_observation - cctt2_observation	-,38596	5,54689	,73470	-1,85775	1,08582	-,525	56	,301	,601
		Paire 5	cctt1_crédibilité - cctt2_crédibilité	-,38596	5,54689	,73470	-1,85775	1,08582	-,525	56	,301	,601
		Paire 6	cctt1_hypothèse - cctt2_hypothèse	-,54386	3,23110	,42797	-1,40119	,31347	-1,271	56	,105	,209
		Paire 7	stroop1_rcs_s - stroop3_rcs_s	-,18139	,37523	,05254	-,28692	-,07585	-3,452	50	<,001	,001

Tableau 79. Test de Wilcoxon entre le prétest et le post-test pour le sous-groupe de performance au CE1D

Rangs						
Groupe pour la recherche	Groupe d'élèves en fonction de leur performance au CE1D			N	Rang moyen :	Somme des rangs
Groupe contrôle	.	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	3[a]	3,00	9,00
			Rangs positifs	2[b]	3,00	6,00
			Ex aequo	0[c]		
			Total	5		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	4[d]	2,75	11,00
			Rangs positifs	1[e]	4,00	4,00
			Ex aequo	0[f]		
			Total	5		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	2[g]	3,25	6,50
			Rangs positifs	3[h]	2,83	8,50
			Ex aequo	0[i]		
			Total	5		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	4[j]	2,50	10,00

			Rangs positifs	1[k]	5,00	5,00
			Ex aequo	0[l]		
			Total	5		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	4[m]	2,50	10,00
			Rangs positifs	1[n]	5,00	5,00
			Ex aequo	0[o]		
			Total	5		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	2[p]	1,50	3,00
			Rangs positifs	1[q]	3,00	3,00
			Ex aequo	2[r]		
			Total	5		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	0[s]	,00	,00
			Rangs positifs	1[t]	1,00	1,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	1		
	Élèves performant le moins bien, résultat inférieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	4[a]	5,00	20,00
			Rangs positifs	5[b]	5,00	25,00
			Ex aequo	3[c]		
			Total	12		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	3[d]	4,33	13,00
			Rangs positifs	4[e]	3,75	15,00
			Ex aequo	5[f]		
			Total	12		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	4[g]	4,13	16,50
			Rangs positifs	5[h]	5,70	28,50
			Ex aequo	3[i]		
			Total	12		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	4[j]	5,00	20,00
			Rangs positifs	4[k]	4,00	16,00
			Ex aequo	4[l]		
			Total	12		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	4[m]	5,00	20,00
			Rangs positifs	4[n]	4,00	16,00
			Ex aequo	4[o]		
			Total	12		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	4[p]	4,50	18,00
			Rangs positifs	5[q]	5,40	27,00
			Ex aequo	3[r]		
			Total	12		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	0[s]	,00	,00
			Rangs positifs	3[t]	2,00	6,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	3		
	Élèves performant dans la moyenne,	Résultat global au CCTT en post-test	Rangs négatifs	25[a]	20,38	509,50

	résultats compris dans l'écart-type	(résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs positifs	10[b]	12,05	120,50
			Ex aequo	2[c]		
			Total	37		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	25[d]	18,80	470,00
			Rangs positifs	8[e]	11,38	91,00
			Ex aequo	4[f]		
			Total	37		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	23[g]	17,72	407,50
			Rangs positifs	11[h]	17,05	187,50
			Ex aequo	3[i]		
			Total	37		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	21[j]	17,57	369,00
			Rangs positifs	11[k]	14,45	159,00
			Ex aequo	5[l]		
			Total	37		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	21[m]	17,57	369,00
			Rangs positifs	11[n]	14,45	159,00
			Ex aequo	5[o]		
			Total	37		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	17[p]	17,59	299,00
			Rangs positifs	15[q]	15,27	229,00
			Ex aequo	5[r]		
			Total	37		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	5[s]	5,00	25,00
			Rangs positifs	9[t]	8,89	80,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	14		
	Élèves performant le mieux, résultats supérieurs à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	12[a]	6,92	83,00
			Rangs positifs	4[b]	13,25	53,00
			Ex aequo	1[c]		
			Total	17		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	7[d]	6,50	45,50
			Rangs positifs	6[e]	7,58	45,50
			Ex aequo	4[f]		
			Total	17		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	7[g]	6,14	43,00
			Rangs positifs	8[h]	9,63	77,00
			Ex aequo	2[i]		
			Total	17		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	11[j]	9,86	108,50
			Rangs positifs	6[k]	7,42	44,50
			Ex aequo	0[l]		
			Total	17		

		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	11[m]	9,86	108,50
			Rangs positifs	6[n]	7,42	44,50
			Ex aequo	0[o]		
			Total	17		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	3[p]	5,50	16,50
			Rangs positifs	9[q]	6,83	61,50
			Ex aequo	5[r]		
			Total	17		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	4[s]	5,50	22,00
			Rangs positifs	4[t]	3,50	14,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	8		
Groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur	.	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	2[a]	3,00	6,00
			Rangs positifs	3[b]	3,00	9,00
			Ex aequo	0[c]		
			Total	5		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	1[d]	4,00	4,00
			Rangs positifs	3[e]	2,00	6,00
			Ex aequo	1[f]		
			Total	5		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	2[g]	2,00	4,00
			Rangs positifs	3[h]	3,67	11,00
			Ex aequo	0[i]		
			Total	5		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	3[j]	3,17	9,50
			Rangs positifs	2[k]	2,75	5,50
			Ex aequo	0[l]		
			Total	5		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	3[m]	3,17	9,50
			Rangs positifs	2[n]	2,75	5,50
			Ex aequo	0[o]		
			Total	5		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	2[p]	3,50	7,00
			Rangs positifs	3[q]	2,67	8,00
			Ex aequo	0[r]		
			Total	5		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	0[s]	,00	,00
			Rangs positifs	3[t]	2,00	6,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	3		
	Élèves performant le moins bien, résultat inférieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au	Rangs négatifs	7[a]	6,29	44,00
			Rangs positifs	4[b]	5,50	22,00
			Ex aequo	0[c]		

		CCTT en prétest (résultat sur 71)	Total	11		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	7[d]	7,64	53,50
			Rangs positifs	4[e]	3,13	12,50
			Ex aequo	0[f]		
			Total	11		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	5[g]	5,10	25,50
			Rangs positifs	5[h]	5,90	29,50
			Ex aequo	1[i]		
			Total	11		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	5[j]	5,10	25,50
			Rangs positifs	4[k]	4,88	19,50
			Ex aequo	2[l]		
			Total	11		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	5[m]	5,10	25,50
			Rangs positifs	4[n]	4,88	19,50
			Ex aequo	2[o]		
			Total	11		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	6[p]	8,08	48,50
			Rangs positifs	5[q]	3,50	17,50
			Ex aequo	0[r]		
			Total	11		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	1[s]	2,00	2,00
			Rangs positifs	4[t]	3,25	13,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	5		
	Élèves performant dans la moyenne, résultats compris dans l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	17[a]	15,21	258,50
			Rangs positifs	24[b]	25,10	602,50
			Ex aequo	1[c]		
			Total	42		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	13[d]	21,96	285,50
			Rangs positifs	26[e]	19,02	494,50
			Ex aequo	3[f]		
			Total	42		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	15[g]	20,07	301,00
			Rangs positifs	27[h]	22,30	602,00
			Ex aequo	0[i]		
			Total	42		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	13[j]	21,77	283,00
			Rangs positifs	26[k]	19,12	497,00
			Ex aequo	3[l]		
			Total	42		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	13[m]	21,77	283,00
			Rangs positifs	26[n]	19,12	497,00

			Ex aequo	3[o]		
			Total	42		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	17[p]	17,68	300,50
			Rangs positifs	24[q]	23,35	560,50
			Ex aequo	1[r]		
			Total	42		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	6[s]	11,00	66,00
			Rangs positifs	21[t]	14,86	312,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	27		
	Élèves performant le mieux, résultats supérieurs à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	2[a]	4,50	9,00
			Rangs positifs	5[b]	3,80	19,00
			Ex aequo	0[c]		
			Total	7		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	2[d]	4,50	9,00
			Rangs positifs	5[e]	3,80	19,00
			Ex aequo	0[f]		
			Total	7		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	2[g]	5,00	10,00
			Rangs positifs	5[h]	3,60	18,00
			Ex aequo	0[i]		
			Total	7		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	3[j]	3,67	11,00
			Rangs positifs	4[k]	4,25	17,00
			Ex aequo	0[l]		
			Total	7		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	3[m]	3,67	11,00
			Rangs positifs	4[n]	4,25	17,00
			Ex aequo	0[o]		
			Total	7		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	1[p]	3,00	3,00
			Rangs positifs	5[q]	3,60	18,00
			Ex aequo	1[r]		
			Total	7		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	3[s]	3,33	10,00
			Rangs positifs	4[t]	4,50	18,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	7		
Groupe vivant uniquement les pauses métacognitives	.	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	1[a]	2,00	2,00
			Rangs positifs	2[b]	2,00	4,00
			Ex aequo	0[c]		
			Total	3		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	1[d]	2,00	2,00

			Rangs positifs	2[e]	2,00	4,00
			Ex aequo	0[f]		
			Total	3		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	0[g]	,00	,00
			Rangs positifs	3[h]	2,00	6,00
			Ex aequo	0[i]		
			Total	3		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	1[j]	1,00	1,00
			Rangs positifs	1[k]	2,00	2,00
			Ex aequo	1[l]		
			Total	3		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	1[m]	1,00	1,00
			Rangs positifs	1[n]	2,00	2,00
			Ex aequo	1[o]		
			Total	3		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	0[p]	,00	,00
			Rangs positifs	3[q]	2,00	6,00
			Ex aequo	0[r]		
			Total	3		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	1[s]	2,00	2,00
			Rangs positifs	1[t]	1,00	1,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	2		
	Élèves performant le moins bien, résultat inférieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	4[a]	8,50	34,00
			Rangs positifs	8[b]	5,50	44,00
			Ex aequo	0[c]		
			Total	12		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	6[d]	5,00	30,00
			Rangs positifs	5[e]	7,20	36,00
			Ex aequo	1[f]		
			Total	12		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	4[g]	8,13	32,50
			Rangs positifs	7[h]	4,79	33,50
			Ex aequo	1[i]		
			Total	12		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	6[j]	5,17	31,00
			Rangs positifs	4[k]	6,00	24,00
			Ex aequo	2[l]		
			Total	12		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	6[m]	5,17	31,00
			Rangs positifs	4[n]	6,00	24,00
			Ex aequo	2[o]		
			Total	12		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	6[p]	7,08	42,50

			Rangs positifs	6[q]	5,92	35,50
			Ex aequo	0[r]		
			Total	12		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	2[s]	3,50	7,00
			Rangs positifs	8[t]	6,00	48,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	10		
	Élèves performant dans la moyenne, résultats compris dans l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	20[a]	28,95	579,00
			Rangs positifs	28[b]	21,32	597,00
			Ex aequo	0[c]		
			Total	48		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	22[d]	26,75	588,50
			Rangs positifs	22[e]	18,25	401,50
			Ex aequo	4[f]		
			Total	48		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	21[g]	24,05	505,00
			Rangs positifs	25[h]	23,04	576,00
			Ex aequo	2[i]		
			Total	48		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	20[j]	24,00	480,00
			Rangs positifs	24[k]	21,25	510,00
			Ex aequo	4[l]		
			Total	48		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	20[m]	24,00	480,00
			Rangs positifs	24[n]	21,25	510,00
			Ex aequo	4[o]		
			Total	48		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	20[p]	21,80	436,00
			Rangs positifs	19[q]	18,11	344,00
			Ex aequo	9[r]		
			Total	48		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	10[s]	16,20	162,00
			Rangs positifs	34[t]	24,35	828,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	44		
	Élèves performant le mieux, résultats supérieurs à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	2[a]	12,50	25,00
			Rangs positifs	13[b]	7,31	95,00
			Ex aequo	0[c]		
			Total	15		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	5[d]	7,40	37,00
			Rangs positifs	8[e]	6,75	54,00
			Ex aequo	2[f]		
			Total	15		

		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	4[g]	5,75	23,00
			Rangs positifs	10[h]	8,20	82,00
			Ex aequo	1[i]		
			Total	15		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	6[j]	8,25	49,50
			Rangs positifs	8[k]	6,94	55,50
			Ex aequo	1[l]		
			Total	15		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	6[m]	8,25	49,50
			Rangs positifs	8[n]	6,94	55,50
			Ex aequo	1[o]		
			Total	15		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	5[p]	6,20	31,00
			Rangs positifs	8[q]	7,50	60,00
			Ex aequo	2[r]		
			Total	15		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	8[s]	7,13	57,00
			Rangs positifs	6[t]	8,00	48,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	14		
Groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur	.	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	0[a]	,00	,00
			Rangs positifs	2[b]	1,50	3,00
			Ex aequo	0[c]		
			Total	2		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	0[d]	,00	,00
			Rangs positifs	2[e]	1,50	3,00
			Ex aequo	0[f]		
			Total	2		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	2[g]	1,50	3,00
			Rangs positifs	0[h]	,00	,00
			Ex aequo	0[i]		
			Total	2		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	0[j]	,00	,00
			Rangs positifs	2[k]	1,50	3,00
			Ex aequo	0[l]		
			Total	2		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	0[m]	,00	,00
			Rangs positifs	2[n]	1,50	3,00
			Ex aequo	0[o]		
			Total	2		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	0[p]	,00	,00
			Rangs positifs	1[q]	1,00	1,00
			Ex aequo	1[r]		
			Total	2		

		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	1[s]	2,00	2,00
			Rangs positifs	1[t]	1,00	1,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	2		
	Élèves performant le moins bien, résultat inférieur à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	6[a]	10,17	61,00
			Rangs positifs	9[b]	6,56	59,00
			Ex aequo	0[c]		
			Total	15		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	5[d]	9,40	47,00
			Rangs positifs	9[e]	6,44	58,00
			Ex aequo	1[f]		
			Total	15		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	6[g]	8,33	50,00
			Rangs positifs	9[h]	7,78	70,00
			Ex aequo	0[i]		
			Total	15		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	11[j]	7,73	85,00
			Rangs positifs	2[k]	3,00	6,00
			Ex aequo	2[l]		
			Total	15		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	11[m]	7,73	85,00
			Rangs positifs	2[n]	3,00	6,00
			Ex aequo	2[o]		
			Total	15		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	6[p]	6,75	40,50
			Rangs positifs	7[q]	7,21	50,50
			Ex aequo	2[r]		
			Total	15		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	5[s]	8,80	44,00
			Rangs positifs	9[t]	6,78	61,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	14		
	Élèves performant dans la moyenne, résultats compris dans l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	20[a]	30,45	609,00
			Rangs positifs	36[b]	27,42	987,00
			Ex aequo	1[c]		
			Total	57		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	22[d]	30,23	665,00
			Rangs positifs	32[e]	25,63	820,00
			Ex aequo	3[f]		
			Total	57		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	28[g]	22,20	621,50
			Rangs positifs	25[h]	32,38	809,50
			Ex aequo	4[i]		

			Total	57		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	25[j]	26,92	673,00
			Rangs positifs	29[k]	28,00	812,00
			Ex aequo	3[l]		
			Total	57		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	25[m]	26,92	673,00
			Rangs positifs	29[n]	28,00	812,00
			Ex aequo	3[o]		
			Total	57		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	22[p]	22,55	496,00
			Rangs positifs	27[q]	27,00	729,00
			Ex aequo	8[r]		
			Total	57		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	14[s]	22,07	309,00
			Rangs positifs	37[t]	27,49	1017,00
			Ex aequo	0[u]		
			Total	51		
	Élèves performant le mieux, résultats supérieurs à l'écart-type	Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	Rangs négatifs	4[a]	2,50	10,00
			Rangs positifs	3[b]	6,00	18,00
			Ex aequo	0[c]		
			Total	7		
		cctt2_induction - cctt1_induction	Rangs négatifs	1[d]	3,50	3,50
			Rangs positifs	5[e]	3,50	17,50
			Ex aequo	1[f]		
			Total	7		
		cctt2_déduction - cctt1_déduction	Rangs négatifs	3[g]	3,83	11,50
			Rangs positifs	3[h]	3,17	9,50
			Ex aequo	1[i]		
			Total	7		
		cctt2_observation - cctt1_observation	Rangs négatifs	4[j]	3,63	14,50
			Rangs positifs	3[k]	4,50	13,50
			Ex aequo	0[l]		
			Total	7		
		cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	Rangs négatifs	4[m]	3,63	14,50
			Rangs positifs	3[n]	4,50	13,50
			Ex aequo	0[o]		
			Total	7		
		cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	Rangs négatifs	2[p]	4,00	8,00
			Rangs positifs	4[q]	3,25	13,00
			Ex aequo	1[r]		
			Total	7		
		stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s	Rangs négatifs	1[s]	3,00	3,00
			Rangs positifs	5[t]	3,60	18,00
			Ex aequo	0[u]		

			Total	6		

a. Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) < Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)

b. Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) > Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)

c. Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) = Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)

d. cctt2_induction < cctt1_induction

e. cctt2_induction > cctt1_induction

f. cctt2_induction = cctt1_induction

g. cctt2_déduction < cctt1_déduction

h. cctt2_déduction > cctt1_déduction

i. cctt2_déduction = cctt1_déduction

j. cctt2_observation < cctt1_observation

k. cctt2_observation > cctt1_observation

l. cctt2_observation = cctt1_observation

m. cctt2_crédibilité < cctt1_crédibilité

n. cctt2_crédibilité > cctt1_crédibilité

o. cctt2_crédibilité = cctt1_crédibilité

p. cctt2_hypothèse < cctt1_hypothèse

q. cctt2_hypothèse > cctt1_hypothèse

r. cctt2_hypothèse = cctt1_hypothèse

s. stroop3_rcs_s < stroop1_rcs_s

t. stroop3_rcs_s > stroop1_rcs_s

u. stroop3_rcs_s = stroop1_rcs_s

Tests statistiques de Wilcoxon

Groupe pour la recherche	Groupe d'élèves en fonction de leur performance au CE1D		Résultat global au CCTT en post-test (résultat sur 71) - Résultat global au CCTT en prétest (résultat sur 71)	cctt2_induction - cctt1_induction	cctt2_déduction - cctt1_déduction	cctt2_observation - cctt1_observation	cctt2_crédibilité - cctt1_crédibilité	cctt2_hypothèse - cctt1_hypothèse	stroop3_rcs_s - stroop1_rcs_s
Groupe contrôle	Élèves performant le moins bien, résultat inférieur à l'écart-type	Z	-,296[c]	-,171[c]	-,712[c]	-,283[b]	-,283[b]	-,535[c]	-1,604[c]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,767	,865	,476	,777	,777	,592	,109

	Élèves performant dans la moyenne, résultats compris dans l'écart-type	Z	-3,187[b]	-3,393[b]	-1,885[b]	-1,967[b]	-1,967[b]	-,657[b]	-1,726[c]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,001	<,001	,059	,049	,049	,511	,084
	Élèves performant le mieux, résultats supérieurs à l'écart-type	Z	-,776[b]	,000[d]	-,970[c]	-1,518[b]	-1,518[b]	-1,791[c]	-,560[b]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,438	1,000	,332	,129	,129	,073	,575
Groupe vivant uniquement l'entrainement au contrôle inhibiteur	.	Z	-,406[c]	-,365[c]	-,944[c]	-,542[b]	-,542[b]	-,136[c]	-1,604[c]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,684	,715	,345	,588	,588	,892	,109
	Élèves performant le moins bien, résultat inférieur à l'écart-type	Z	-,980[b]	-1,827[b]	-,204[c]	-,356[b]	-,356[b]	-1,382[b]	-1,483[c]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,327	,068	,838	,722	,722	,167	,138
	Élèves performant dans la moyenne, résultats compris dans l'écart-type	Z	-2,230[c]	-1,462[c]	-1,883[c]	-1,495[c]	-1,495[c]	-1,688[c]	-2,955[c]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,026	,144	,060	,135	,135	,091	,003
	Élèves performant le mieux, résultats supérieurs à l'écart-type	Z	-,848[c]	-,845[c]	-,682[c]	-,507[c]	-,507[c]	-1,577[c]	-,676[c]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,396	,398	,495	,612	,612	,115	,499
Groupe vivant uniquement les pauses métacognitives	.	Z	-,535[c]	-,535[c]	-1,604[c]	-,447[c]	-,447[c]	-1,604[c]	-,447[b]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,593	,593	,109	,655	,655	,109	,655
	Élèves performant le moins bien, résultat inférieur à l'écart-type	Z	-,392[c]	-,268[c]	-,045[c]	-,359[b]	-,359[b]	-,276[b]	-2,090[c]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,695	,789	,964	,720	,720	,783	,037
		Z	-,092[c]	-1,092[b]	-,388[c]	-,175[c]	-,175[c]	-,645[b]	-3,886[c]

	Élèves performant dans la moyenne, résultats compris dans l'écart-type	Sig. asymptotique (bilatérale)	,926	,275	,698	,861	,861	,519	<,001
	Élèves performant le mieux, résultats supérieurs à l'écart-type	Z	-1,988[c]	-,597[c]	-1,855[c]	-,189[c]	-,189[c]	-1,016[c]	-,282[b]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,047	,551	,064	,850	,850	,310	,778
Groupe vivant les pauses métacognitives et l'entrainement du contrôle inhibiteur	.	Z	-1,342[c]	-1,342[c]	-1,342[b]	-1,342[c]	-1,342[c]	-1,000[c]	-,447[b]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,180	,180	,180	,180	,180	,317	,655
	Élèves performant le moins bien, résultat inférieur à l'écart-type	Z	-,057[b]	-,346[c]	-,569[c]	-2,768[b]	-2,768[b]	-,351[c]	-,534[c]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,955	,730	,570	,006	,006	,726	,594
	Élèves performant dans la moyenne, résultats compris dans l'écart-type	Z	-1,542[c]	-,668[c]	-,833[c]	-,599[c]	-,599[c]	-1,162[c]	-3,318[c]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,123	,504	,405	,549	,549	,245	<,001
	Élèves performant le mieux, résultats supérieurs à l'écart-type	Z	-,677[c]	-1,472[c]	-,210[b]	-,085[b]	-,085[b]	-,530[c]	-1,572[c]
		Sig. asymptotique (bilatérale)	,498	,141	,833	,933	,933	,596	,116

a. Test de classement de Wilcoxon

b. Basée sur les rangs positifs.

c. Basée sur les rangs négatifs.

d. La somme des rangs négatifs est égale à la somme des rangs positifs.

Annexe 12 : Test de corrélation de Pearson entre les variables a priori, lors de l'étude 3

Tableau 80. Test de corrélation de Pearson entre les variables à priori

Test de corrélation de Pearson entre les variables à priori											
		Résultat global au CCTT en prétest	Test de Stroop en prétest	Groupe pour la recherche	Genre	Groupe classe	Enseignant	Option scientifique	Résultat au CE1D de sciences	Groupe en fonction de la performance au CCTT au prétest	Groupe en fonction de la performance au CE1D de sciences
Résultat global au CCTT en prétest	Corrélation de Pearson	1	,206**	-,024	-,041	-,061	,035	-,048	,375**	,874**	,332**
	Sig. (unilatéral)		<,001	,343	,242	,147	,275	,208	<,001	<,001	<,001
	N	295	235	295	295	295	295	295	280	295	280
Test de Stroop en prétest	Corrélation de Pearson	,206**	1	,027	-,133*	-,039	,114*	-,140*	,165**	,228**	,140*
	Sig. (unilatéral)	<,001		,339	,021	,276	,040	,016	,007	<,001	,018
	N	235	235	235	235	235	235	235	225	235	225
Groupe pour la recherche	Corrélation de Pearson	-,024	,027	1	-,034	,024	,254**	,214**	-,057	,038	-,084
	Sig. (unilatéral)	,343	,339		,281	,341	<,001	<,001	,170	,256	,080
	N	295	235	295	295	295	295	295	280	295	280
Genre	Corrélation de Pearson	-,041	-,133*	-,034	1	-,104*	-,186**	,071	,045	,021	,059
	Sig. (unilatéral)	,242	,021	,281		,038	<,001	,112	,225	,357	,164
	N	295	235	295	295	295	295	295	280	295	280
Groupe classe	Corrélation de Pearson	-,061	-,039	,024	-,104*	1	-,327**	-,141**	-,352**	-,051	-,320**
	Sig. (unilatéral)	,147	,276	,341	,038		<,001	,008	<,001	,192	<,001
	N	295	235	295	295	295	295	295	280	295	280
Enseignant	Corrélation de Pearson	,035	,114*	,254**	-,186**	-,327**	1	,095	,141**	,061	,124*
	Sig. (unilatéral)	,275	,040	<,001	<,001	<,001		,051	,009	,149	,019
	N	295	235	295	295	295	295	295	280	295	280
Option scientifique	Corrélation de Pearson	-,048	-,140*	,214**	,071	-,141**	,095	1	,182**	-,045	,139**
	Sig. (unilatéral)	,208	,016	<,001	,112	,008	,051		,001	,220	,010
	N	295	235	295	295	295	295	295	280	295	280
Résultat au CE1D de sciences	Corrélation de Pearson	,375**	,165**	-,057	,045	-,352**	,141**	,182**	1	,320**	,861**
	Sig. (unilatéral)	<,001	,007	,170	,225	<,001	,009	,001		<,001	<,001
	N	280	225	280	280	280	280	280	280	280	280
Groupe en fonction de la performance au CCTT au prétest	Corrélation de Pearson	,874**	,228**	,038	,021	-,051	,061	-,045	,320**	1	,287**
	Sig. (unilatéral)	<,001	<,001	,256	,357	,192	,149	,220	<,001		<,001
	N	295	235	295	295	295	295	295	280	295	280
Groupe d'élèves en fonction de leur	Corrélation de Pearson	,332**	,140*	-,084	,059	-,320**	,124*	,139**	,861**	,287**	1
	Sig. (unilatéral)	<,001	,018	,080	,164	<,001	,019	,010	<,001	<,001	

performance au CE1D	N	280	225	280	280	280	280	280	280	280	280
**. La corrélation est significative au niveau 0.01 (unilatéral).											
*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (unilatéral).											

Annexe 13 : Test de corrélation de Pearson entre les variables et les dimensions du CCTT a priori, lors de l'étude 3

Tableau 81.Test de corrélation de Pearson entre les variables et les sous-compétences du CCTT à priori

Test de corrélation de Pearson entre les variables et les sous-compétences du CCTT à priori						
		Score de la sous-compétence « Induction » au prétest	Score de la sous-compétence « Déduction » au prétest	Score de la sous-compétence « Observation » au prétest	Score de la sous-compétence « Crédibilité » au prétest	Score de la sous-compétence « Hypothèse » au prétest
Genre	Corrélation de Pearson	,016	,003	-,134*	-,134*	,032
	Sig. (unilatéral)	,395	,480	,011	,011	,293
	N	295	295	295	295	295
Option scientifique	Corrélation de Pearson	,032	-,020	-,126*	-,126*	-,011
	Sig. (unilatéral)	,294	,368	,015	,015	,424
	N	295	295	295	295	295
Test de Stroop au prétest	Corrélation de Pearson	,092	,211**	,140*	,140*	,182**
	Sig. (unilatéral)	,080	<,001	,016	,016	,003
	N	235	235	235	235	235
Résultat au CE1D de sciences	Corrélation de Pearson	,299**	,329**	,205**	,205**	,141**
	Sig. (unilatéral)	<,001	<,001	<,001	<,001	,009
	N	280	280	280	280	280
Résultat global au CCTT en prétest	Corrélation de Pearson	,800**	,771**	,692**	,692**	,524**
	Sig. (unilatéral)	<,001	<,001	<,001	<,001	<,001
	N	295	295	295	295	295
Score de la sous-compétence « Induction » au prétest	Corrélation de Pearson	1	,392**	,422**	,422**	,234**
	Sig. (unilatéral)		<,001	<,001	<,001	<,001
	N	295	295	295	295	295
Score de la sous-compétence « Déduction » au prétest	Corrélation de Pearson	,392**	1	,279**	,279**	,724**
	Sig. (unilatéral)	<,001		<,001	<,001	<,001
	N	295	295	295	295	295
Score de la sous-compétence « Observation » au prétest	Corrélation de Pearson	,422**	,279**	1	1,000**	,180**
	Sig. (unilatéral)	<,001	<,001		,000	<,001
	N	295	295	295	295	295
Score de la sous-	Corrélation de Pearson	,422**	,279**	1,000**	1	,180**

compétence « Crédibilité » au prétest	Sig. (unilatéral)	<,001	<,001	,000		<,001
	N	295	295	295	295	295
Score de la sous-compétence « Hypothèse » au prétest	Corrélation de Pearson	,234**	,724**	,180**	,180**	1
	Sig. (unilatéral)	<,001	<,001	<,001	<,001	
	N	295	295	295	295	295

Annexe 14 : Traces collectées durant les pauses métacognitives, lors de l'étude 3

Productions de Marc lors des pauses métacognitives

Physique des fluides

Situation-problème 1, expérience de Torricelli (vidéo) – 14/10/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	Il me ne sais pas. Car le mercure ne passe le mercure contre le bac Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que se passe-t-il quand on libère la colonne de mercure et Baromètre - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…		…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	Le mercure descend et le vide prend la place du mercure …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Que se passe-t-il quand on libère la colonne de mercure et Baromètre - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…		Les molécules ne nous pas font descendre le mercure dans le bac …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Situation-problème 2, mise en évidence de la pression hydrostatique (expérience qualitative) – 17/10/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	Je pense que le sachet va se coller à la main car l'eau va faire pression sur le sachet Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que va-t-il se passé au niveau du sachet et pourqu - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…		Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	Oui car l'eau a exercé une pression sur l'eau Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Que se passe-t-il au niveau du sachet et pourquoi - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…		l'eau a exercé une pression sur le sachet ferai qu'il se colle sur la main car l'eau qui exerce la force passe l'air hors du sachet Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Situation-problème 3, facteurs influençant la pression hydrostatique (laboratoire réel et virtuel) – 17/10/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	Je sais que la pression hydrostatique ne monte que dans l'eau Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Quel sont les facteurs qui influera la pression hydrostatique - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	La profondeur joue sur la pression Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	Mon hypothèse était fausse car cela n'a pas changé dans l'eau et les liquides Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Quel sont les facteurs influence la pression hydrostatique - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	Un facteur qui fait varie est la masse volumique Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 4, mise en évidence de la force d'Archimède (laboratoire réel, approche quantitative 1) – 10/11/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	Notre force est moins grand que celle de l'eau on flotte Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que va-t-il se passé au niveau du dynamomètre ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense que la force sera moins fort le dynamomètre descendra moins fort Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Que va-t-il se passé au niveau du dynamomètre ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	Le poids sera moins grand que dans de l'eau car quand l'objet est dans l'eau celle-ci le pousse Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 5, mise en évidence de la force d'Archimède comme cause de la flottabilité d'un corps (laboratoire réel, approche quantitative 2) – 17/11/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que va-t-il se passé pour ses balle - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Il vaut faut les 4 …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	0,2N = Flotte 0,45N = Coule = 0,1N 0,8N = Coule -> 0,4 0,6N -> 5,5N elle coule Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : …… - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	grâce à la poussé d'archimède les balles devient plus légers …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 6, facteurs influençant la force d'Archimède (laboratoire réel, approche quantitative 3) – 18/11/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	que cela nous en fonction du poid de l'objet et de son volume et du centre de gravité Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Quel pourraient être les facteurs capables de faire varier la poussé d'archimède - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que... ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont...	J'ai été en cours de science de madame Lauchez Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Quel sont les facteurs qui influence la force d'archimède - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est...	les facteurs auquel influence notre force d'archimède sont la densité du liquide et le volume immergé de l'objet Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Électricité

Situation-problème 7, mise en évidence de phénomènes électrostatiques (laboratoire réel, approche qualitative) – 26/01/2023

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : comment se fait-il que les papier lange quand j'approch le tuit de PVC - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense que on se charge le tube en energie electrostatique et le papier va être attiré par cette dernière ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	oui .... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : ..... - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	en frottant le tube de PVC on le charge d'energie électrique cela exerce une force sur l'objet qui l'attire ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 8, mise en évidence d'une force attractive ou répulsive en électrostatique – 27/01/2023

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : que se passe-t-il quand j'approche le tube en PVC ? et celui en verre - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	avec les deux tube en PVC ils vont bien repousser pendant laisdi qu'un le tube en verre va elle attiré Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : ..... - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	Je remarque que les objets en les deux tube en PVC ont comme des aimant qui aimant il se repousse quand ils sont les même et s'attire quand ils sont différent Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

en chargeant les batons d'électrisons. il devrait pouvoir se regler
ils se repoussent car ils sont identique
et le vers attir le PVC car c'est comme des aimants

Situation-problème 9, fonction d'un électroscope (expérience réelle, approche qualitative) – 07/02/2023

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : …Que se passe-t-il quand j'approche la tige PVC de l'électroscope ? Pourquoi - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	…Je pense que l'électroscope va être attiré par la tige en PVC car l'aiguille est électrisée… …Moustre… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : …… - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	…Non… sauf… que… laiguis… se… repasse… juste… des… deux… côté… …reste… en… place… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 10, courant continu, montage en série et en parallèle et circuit ouvert ou fermé (laboratoire, approche qualitative) – 16/02/2023 XX

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que se passe-t-il si je dessi une ampoule - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Dans le circuit en parallèle je pense que le deuxième emplacement ne restera allumer car il y aura contact entre elle et le generateur tandis que dans le circuit en serie l'ampoule Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	ne s'éteint car il y aura un trou dans le circuit et le courant ne passera plus

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : …… - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	mes hypothèse étaient avant mais les termes manquaient de précision …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Productions de Luc lors des pauses métacognitives

Physique des fluides

Situation-problème 1, expérience de Torricelli (vidéo) – 14/10/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	Mercure est un métal et liquide Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que se passe-t-il et pourquoi - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense que l'air ne appuye sur la cuvette de mercure et ne exerce une pression contrairement à l'intérieur du tube car il n'y a pas d'air donc le mercure ne peut rester dans le tube Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	Le mercure est un métal et la pression atmosphérique Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Que se passe-t-il et pourquoi ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 2, mise en évidence de la pression hydrostatique (expérience qualitative) – 17/10/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	L'eau emet une pression L'air est compressible Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que va-t-il se passer au niveau du sachet et pourquoi ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense que le sachet va se coller car l'eau va emmetre une force sur le sachet et comme l'air a un endroit pour sortir elle va y aller et le sachet sera coller à la peau Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / ~~Je ne suis pas du tout certain~~(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	Mes aussi mes hypothèse était vrai sauf que l'air n'est pas compressible donc ce cas Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Que se sera-t-il au niveau du sachet et pourquoi - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	L'eau exerce une pression sur la main qui entoure le sachet ce qui fait evacuer car il y a une partie ouverte ce qui fait que la main n'a plus d'elle autour donc le sachet colle Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / ~~Je ne suis pas du tout certain~~(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 3, facteurs influençant la pression hydrostatique (laboratoire réel et virtuel) – 13/10/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Quel sont les facteur qui influence la pression hydraulique - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense que la profondeur de l'eau influence la pression hydrostatique ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	Mes hypothèse était pas juste ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Quel sont les facteur qui impose la pression hydraulique - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	La pression hydrostatique varie en fonction de la profondeur de la masse volumique du liquide et de la pression atmosphérique et l'astre ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 4, mise en évidence de la force d'Archimède (laboratoire réel, approche quantitative 1) – 17/11/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	Je sais que la pression hydrostatique change en fonction de la profondeur..... ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Comment va varier la masse et pourquoi..... - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense que le poids va augmenter car la masse volumique de l'eau va se déposer sur la boite et va emettre une plus grande pression sur le dynamometre..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	Lorsque on est a la piscine on a plus leger..... ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Comment va varier la masse et pourquoi..... - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 5, mise en évidence de la force d'Archimède comme cause de la flottabilité d'un corps (laboratoire réel, approche quantitative 2) – 17/11/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que va-t-il se passer pour les différents traits lorsqu'elle seront immergés - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	……	Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	Trait op : Gothe 0,45 0,4 = Cuivre 0,8 : 0,4 09 : 955 Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Que va-t-il se passer pour les différents traits lorsqu'elles seront immergés - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	……	Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Situation-problème 6, facteurs influençant la force d'Archimède (laboratoire réel, approche quantitative 3) – 18/11/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : quels peuvent être les facteurs capables de faire varier la force d'archimède - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	je pense que le volume de l'objet et la masse volumique du fluide et l'altitude de [illegible] et la force de l'objet sur l'eau et la température Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : ..... - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	je pense que les facteurs de la poussée d'archimède son… la température lorsque la température augmente augmente la masse volumique du fluide la masse de l'objet n… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Électricité

Situation-problème 7, mise en évidence de phénomènes électrostatiques (laboratoire réel, approche qualitative) – 26/01/2023

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?

- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?

Lorsque je tire brusquement la couverture en laine

Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. /
Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.

Comment atteindre mon objectif ?
Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?

- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante :
  Comment se fait-il que les papiers bougent lorsque j'approche le tube de PVC
- Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ».
- Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.

Mes hypothèses
Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…

* Je pense que l'électricité produite en frottant sur la laine de laine de PVC et une fois que le PVC électrisé est approché des papiers il va l'attirer

Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?

- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?

*

Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte /
Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Comment atteindre mon objectif ?
Comment interpréter mes observations correctement ?

- Mon interprétation doit répondre à la question suivante :
  Comment se fait-il que les papiers bougent lorsque j'approche le tube de PVC
- Mon interprétation est construite à partir de mes observations.
- Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques.
- Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.

Mon interprétation
Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…

*

Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Situation-problème 8, mise en évidence d'une force attractive ou répulsive en électrostatique – 27/01/2023

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que se passe-t-il lorsque j'approche le tube en PVC ? Et le tube en verre ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense que le PVC va ecarter le PVC L'électri le baton en vers va l'attirer …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : …… - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	Je pense que un électron va etre perdus ou gagné pour le PVC et l'inverse pour le verre ce qui fait …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 9, fonction d'un électroscope (expérience réelle, approche qualitative) – 09/02/2023

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : * Que je pose le doigt sur l'électroscope électrisé…… - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	* L'électricité va… parcourue… l'électroscope jusqu'à… aiguille et le… feuillet vont plus donc il se repousse… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : *…… - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	*…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 10, courant continu, montage en série et en parallèle et circuit ouvert ou fermé (laboratoire, approche qualitative) – 16/02/2023

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	Ce que j'ai vu la année Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Je pense-t-il se je devisse une ampoule - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que... ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont...	Dans le cas d'un circuit en série les ampoules du circuit s'éteindront Dans le cas d'un circuit en parallèle les ampoules du circuits resteront allumé Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	Idem Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Idem - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est...	Mon hypothèse etait bonne Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Productions de Marie lors des pauses métacognitives

Physique des fluides

Situation-problème 1, expérience de Torricelli (vidéo) – 13/10/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Lorsque on ouvre le tube, que fait le mercure et pourquoi ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	~~Etape~~ : Le mercure ne va pas s'écouler car l'air exerce une pression sur la cuve et pas sur le tube ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Lorsque on ouvre le tube, que fait le mercure et pourquoi ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	Le mercure exerçait une plus grande ~~force~~ pression sur la cuve, l'air a pris de la place dans le tube et exerce un effort sur le mercure toujours dans le tube. ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

*plus grande

Situation-problème 2, mise en évidence de la pression hydrostatique (expérience qualitative) – 13/10/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que va-t-il se passer au niveau du sachet et pourquoi ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Le sachet va gonflec car l'air présent dans le sachet va prendre de la place dans l'eau, le niveau d'eau va augmenter. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	non, car le sachet était ouvert et non fermé donc c'est moi qui ai mal compris mais je suis intelligent Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : …… - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	l'eau exerce une pression sur le sachet donc l'air présent dans le sachet sort ce qui fait ventouse sur la main de Matéo. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 3, facteurs influençant la pression hydrostatique (laboratoire réel et virtuel) – 19/10/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	Lorsque je suis dans l'eau, je sens une pression sur moi. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Quels sont les facteurs qui influencent la pression hydrostatique ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense que la pression hydrostatique varie en fonction de la surface du corps immergé, plus la surface sera petite plus la pression exercée sera grande. Et de la masse de ce corps plus la masse est élevée plus la pression sera petite. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	La pression hydrostatique est influencée par la masse volumique la gravité la profondeur du liquide donc mon hypothèse était fausse, le corps immergé n'influence en rien la pression hydrostatique. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Quels sont les facteurs qui influencent la pression hydrostatique ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	La pression hydrostatique est influencée par la gravité, la profondeur et la masse volumique du liquide. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 4, mise en évidence de la force d'Archimède (laboratoire réel, approche quantitative 1) – 10/11/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Pourquoi varie la mesure sur le dynamomètre et comment ..... - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Elle va être plus faible car la pression de l'eau va exercer une force sur la boite, donc elle va "remonter" .... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	le poids de la boite passe de 1N à 0,6N .... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : ..... - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	La force diminue car l'eau et la boite on de force qui s'oppose et celle de l'eau est plus forte que de la boite. ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 5, mise en évidence de la force d'Archimède comme cause de la flottabilité d'un corps (laboratoire réel, approche quantitative 2) – 17/11/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Lorsque je vais immergé les 4 boîtes dans l'eau que va-t-il se passer? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que... ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont...	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	1 N → 0,6 N 0,2 N → Flotte 0,2 N → 0,4 N 0,5 N → 0,4 N Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Lorsque je vais immergé les 4 boîtes dans l'eau, que va-t-il se passer? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est...	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 6, facteurs influençant la force d'Archimède (laboratoire réel, approche quantitative 3) – 17/11/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Quels sont les facteurs influençant la force d'archimède ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	une éponge va s'enfoncer …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Quels sont les facteurs influençant la force d'archimède ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	La masse volumique est un facteur influençant la force d'archimède …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Électricité

Situation-problème 7, mise en évidence de phénomènes électrostatiques (laboratoire réel, approche qualitative) – 26/01/2023

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Comment se fait-il que les papier bouge lorsque je passe le pvc au-dessus d'eux? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	En frottant le pvc sur la fourure les atomes chauffent et les électrons qui absorbe l'énergie thermique et qui s'éloigne du noyau donc il y a un mouvement qui attire les papiers Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

référence au sel chauffé de Bohr

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	Oui, je pense toujours que mes hypothèse son cohérente …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Comment se fait-il que les papier bouge lorsque je passe le pvc au-dessus d'eux. - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…		…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Situation-problème 8, mise en évidence d'une force attractive ou répulsive en électrostatique – 27/01/2023

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que se passe-t-il lorsque j'approche le PVC frotté ? ..... - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que... ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont...	Le PVC sur les cail va être attiré par l'autre car c'est la même matière. ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	Non le PVC était repousser et avec le verre il était attiré ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Que se passe-t-il lorsque j'approche le PVC frotté ? ..... - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est...	..... Deux même matériaux = repousser ..... Deux matériaux différents = attiré ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 9, fonction d'un électroscope (expérience réel, approche qualitative) – 08/02/2023

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que se passe-t-il lorsque j'approche le PVC frotter de l'électroscope? Le PVC non frotter? Pourquoi ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…		…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Que se passe-t-il lorsque j'approche le PVC frotter de l'électroscope? Non frotter? Pourqua - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	Certaine matière son conductrice d'électrisation statique et d'autre isolante. ……	Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Situation-problème 10, courant continu, montage en série et en parallèle et circuit ouvert ou fermé (laboratoire, approche qualitative) – 16/02/2023

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que se passe-t-il si je dévisse une ampoule ..... - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Dans le montage en série toutes les ampoules s'éteignent et dans le montage en parallèle les autres ampoules reste allumée ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : ..... - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	Dans le montage en série, lorsqu'on dévisse une ampoule les autres ampoules s'éteignent car les charges positives ne passent plus dans les négatives il n'y a plus de lien. Dans le montage en parallèle si on dévisse une * ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

* ampoule, les autres ampoules restent allumée grâce aux nœuds, l'électricité peut décider d'aller dans une ampoule ou dans une autre.

Cce que j'ai écris je le savais aux hypothèses mais je n'ai pas penser à l'écrire)

Productions de Claire lors des pauses métacognitives

Physique des fluides

Situation-problème 1, expérience de Torricelli (vidéo) – 07/10/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	dans un tube à essai, il y a du mercure (Hg) – la pression appui sur le liquide Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Pourquoi le liquide ne descend pas entièrement dans le tube ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que... ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense Dans le tube, le mercure ne descend pas. Car à cause de la pression à l'extérieur du verre, celle ci pousse le liquide dans le vers et la pression qui est déjà dans le verre pousse le liquide vers le bas donc celui ci reste au milieu. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	il n'y a pas d'air entre le mercure et le verre mais du vide Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Pq le liquide descend pas entièrement dans le verre ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	entre le mercure et le verre, il y a le vide car l'air ne peut pas traverser le mercure, la pression pousse le mercure et donc celui ci n'est pas + haut que 76 cm Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 2, mise en évidence de la pression hydrostatique (expérience qualitative) – 12/10/2022

Mes gestes métacognitifs

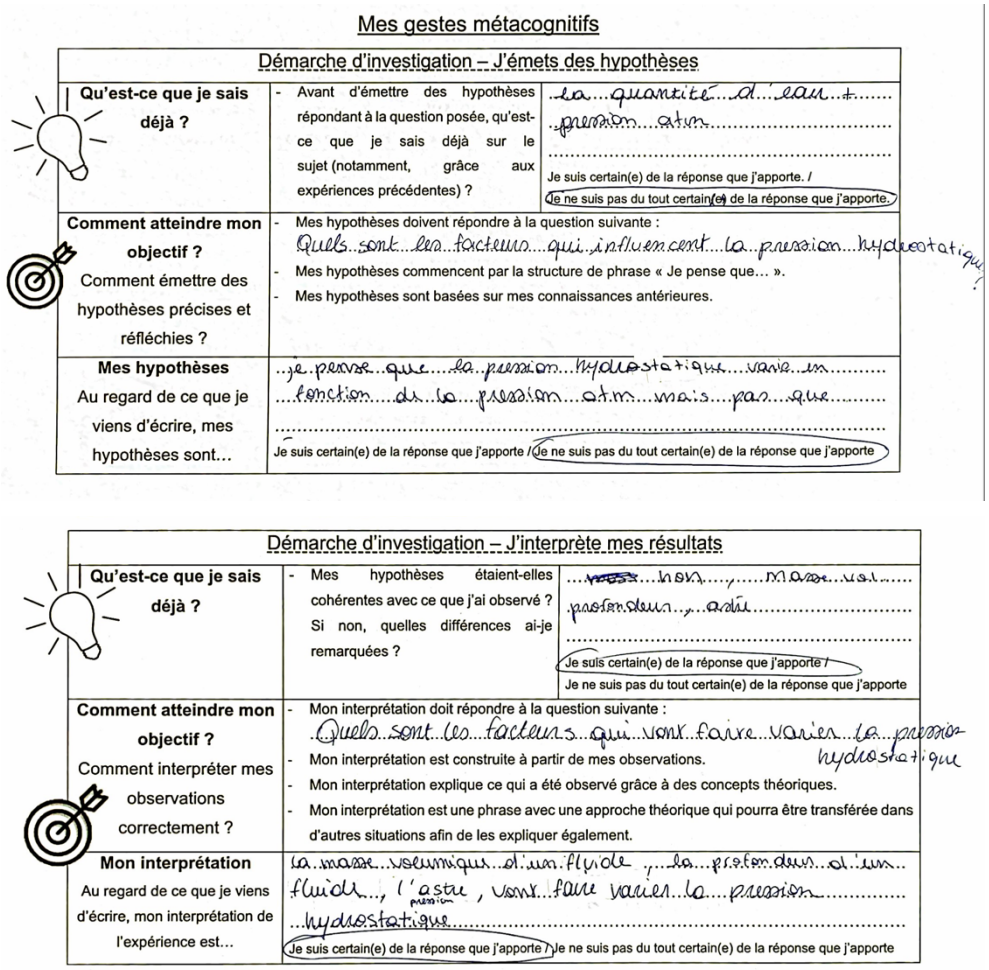
Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	le plastique va coller à la main. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : "Que se passe-t-il au niveau du sac ?" - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense que le sac plastique va se rétracter sur la main car la pression de l'eau est + élevé que la pression de l'air donc la pression de l'eau va vers la main et donc sur le sachet et celui ci va se coller à la main. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	oui, elles étaient cohérentes Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : "Que se passe-t-il au niveau du sachet ?" - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	le sachet a pris la forme de la main car c'est la pression de l'eau qui va appuyer sur la main et il n'y aura plus de pression à l'intérieur du sac. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 3, facteurs influençant la pression hydrostatique (laboratoire réel et virtuel) – 13/10/2022



Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	la quantité d'eau + ; pression atm ; Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Quels sont les facteurs qui influencent la pression hydrostatique ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	je pense que la pression hydrostatique varie en fonction de la pression atm mais pas que ; Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	~~mes~~ non, mais val ; profondeur, aire ; Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Quels sont les facteurs qui vont faire varier la pression hydrostatique - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	la masse volumique d'un fluide, la profondeur d'un fluide, l'aire (pression), vont faire varier la pression hydrostatique ; Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 4, mise en évidence de la force d'Archimède (laboratoire réel, approche quantitative 1) – 17/11/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	..pr..hydrostatique..... .... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : "Que va t il se passer au niveau de la mesure sur le dynamomètre et pourquoi ?". - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que... ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont...	Je pense que la mesure du dynamomètre va augmenter..... car dans l'eau, il y a la pression hydrostatique..... qui va appuyer sur le corps..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	Si non pas force hydros..... .... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Que va t il se passer au niveau de la mesure sur le dynamomètre et pourquoi ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est...	je pense que le poids de la boite à diminuer car..... la force de l'eau agit vers le bas du corps..... ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 5, mise en évidence de la force d'Archimède comme cause de la flottabilité d'un corps (laboratoire réel, approche quantitative 2) – 17/11/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	poussé d'archimède Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que va-t-il se passé lorsque l'on va plonger les différentes boites dans l'eau ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	je pense que le corps va tout ; son poids va diminuer grâce à la poussé d'archimède et les autres → idem mais moins vite

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	je pense que les boites dans l'eau on un poids moins élevé, entre le départ (ex : 1N) et arrivé (ex : 0,6N) Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte on a tout le temps
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Que va-t-il se passé lorsqu'on va plongé les boites dans l'eau - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	- 0,4N grâce à la poussé d'archimède
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	boite 1N → 0,6N ; boite 0,5N → 0,1N ; boite 0,8N → 0,4N ; boite 0,2N → flotte ; elles coulent toutes sauf la boite de 0,2N

Situation-problème 6, facteurs influençant la force d'Archimède (laboratoire réel, approche quantitative 3) – 18/11/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

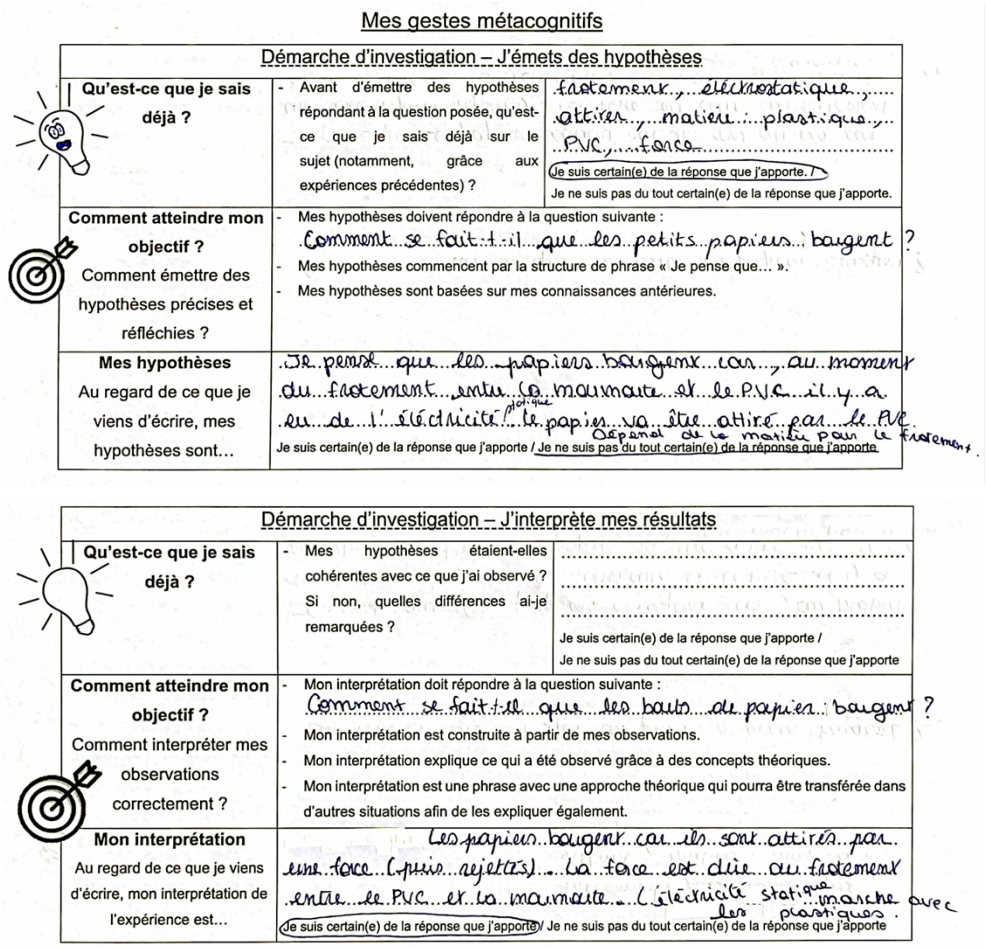
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	..profondeur... .... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Quels sont les facteurs capables de faire varier la force d'archimed ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	je pense que les facteurs qui font varier la force d'archimède sont : la profondeur d'immersion... .... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	..non ce n'est pas la profondeur qui fait varier.... ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Quels sont les facteurs qui influence la poussée d'archimède ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	..je pense que la masse volumique d'un ~~corps~~ liquide influence la force d'archimède, (grace au labo) ..+ la température => influence masse volumique => influence force d'archimède Je ~~suis certain(e)~~ de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Électricité

Situation-problème 7, mise en évidence de phénomènes électrostatiques (laboratoire réel, approche qualitative) – 26/01/2023



Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	frotement, électrostatique, attirer, matière, plastique, PVC, force Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Comment se fait-il que les petits papiers bougent ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense que les papiers bougent car, au moment du frotement entre la manche et le PVC il y a eu de l'électricité statique / le papier va être attiré par le PVC. Dépend de la matière pour le frotement. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Comment se fait-il que les bouts de papiers bougent ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	Les papiers bougent car ils sont attirés par une force (puis rejetés). La force est due au frotement entre le PVC et la manche / l'électricité statique avec les plastiques. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 8, mise en évidence d'une force attractive ou répulsive en électrostatique – 27/01/2023

Mes gestes métacognitifs

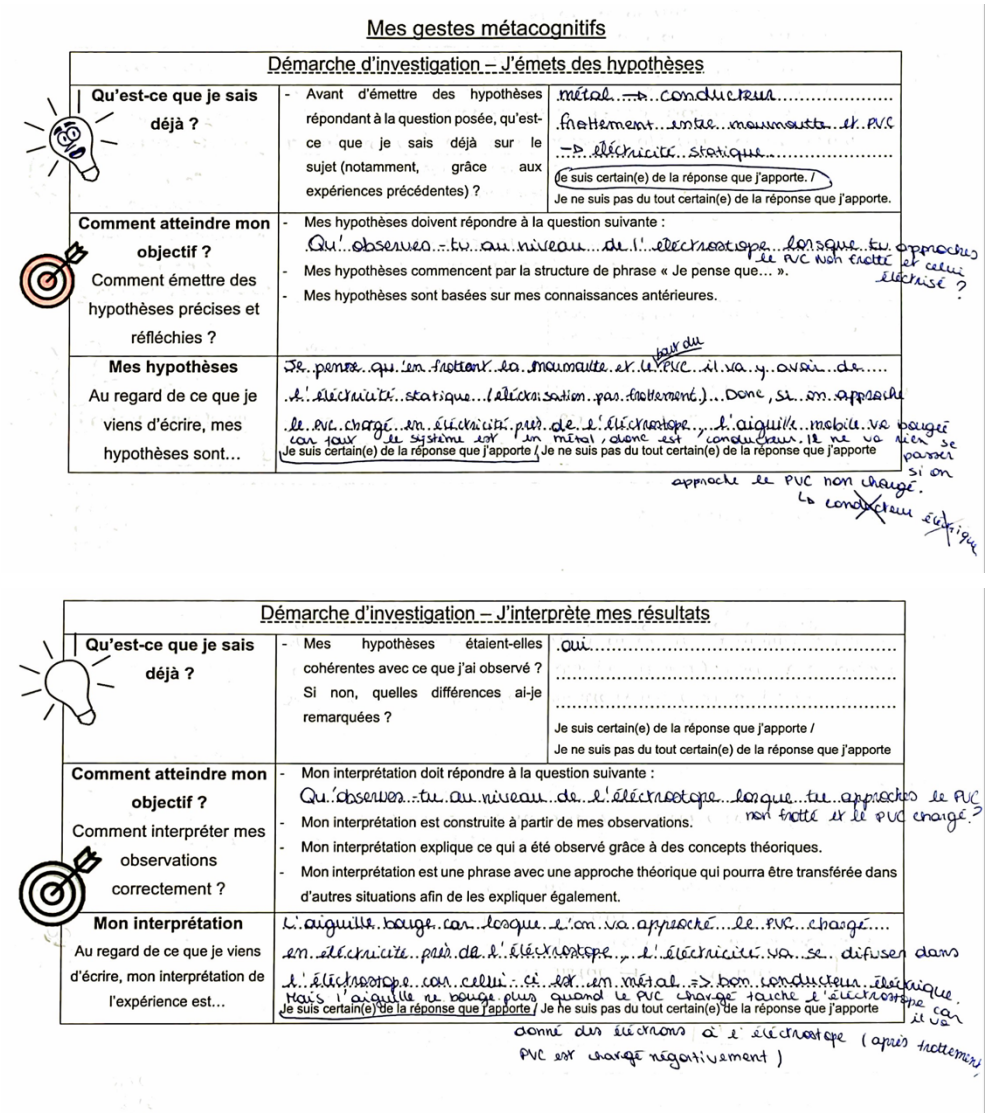
Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	force, matière (plastique et verre) électricité statique Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que se passe-t-il quand j'approche le PVC électrisé ? Pourquoi ? le verre ? Pourquoi ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que... ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont...	Je pense qu'il ne va s'écarter ou se coller grâce à la force électrique car plastique. Mais le verre ne va pas bouger Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / ~~Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte~~	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	presque, les tubes bougent Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Quand le passe-t-il quand j'approche le verre chargé ? Pq ? PVC chargé ? Pq ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est...	Le PVC s'éloigne car c'est sa matière qui va influencer. Le verre se rapproche car verre, pas la matière que PVC Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 9, fonction d'un électroscope (expérience réelle, approche qualitative) – 09/02/2023



Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	métal → conducteur frottement entre mannequin et PVC → électricité statique Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Qu'observes-tu au niveau de l'électroscope lorsque tu approches le PVC non frotté et celui électrisé ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense qu'en frottant le mannequin et le PVC (par ?) il va y avoir de l'électricité statique (électrisation par frottement). Donc, si on approche le PVC chargé en électricité près de l'électroscope, l'aiguille mobile va bougé car tout le système est un métal, donc est conducteur. Il ne va rien se passer si on approche le PVC non chargé. → conducteur électrique Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	oui Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Qu'observes-tu au niveau de l'électroscope lorsque tu approches le PVC non frotté et le PVC chargé ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	L'aiguille bouge car lorsque l'on va approcher le PVC chargé en électricité près de l'électroscope, l'électricité va se diffuser dans l'électroscope car celui-ci est un métal → bon conducteur électrique. Mais l'aiguille ne bouge plus quand le PVC chargé touche l'électroscope car il va donné des électrons à l'électroscope (après frottement PVC est chargé négativement) Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 10, courant continu, montage en série et en parallèle et circuit ouvert ou fermé (laboratoire, approche qualitative) – 16/02/2023

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	..S. parallèle ..a. courant ..passe .. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que se passe-t-il si je dévisse une ampoule ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	je pense que dans le montage en série, aucune des ampoule ne va s'allumée car le courant est obligé de passé sur le trajet de l'ampoule qui ne s'est pas dévissé dans le montage parallèle car le courant peux passé par l'autre ampoule va s'allumée car le courant passe Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	..VRAI dernière ..oui .. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Que va-t-il se passé si je dévisse une ampoule - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	Si dans le montage en série L1 s'éteind alors L3 devrai s'éteindre car le courant doit passé par L1 et L3 donc si une s'éteind, l'autre aussi Si dans le montage parallèle L3 s'éteind alors le reste allumé car le courant peux passé par une autre fils car il y a une intersection dans le circuit Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Productions de Thomas lors des pauses métacognitives

Physique des fluides

Situation-problème 1, expérience de Torricelli (vidéo) – 07/10/2022 XX

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	..le mercure exerce une pression et l'air aussi..... ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Lorsque on ouvre le tube que fait le mercure ? Pourquoi ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	.Je pense l'air va rester dans le récipient pendant un moment puis il va sortir car sa pression va prendre le dessus sur la pression atmosphérique. Mais elle dépendra de leur pression Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	.le mercure va descendre jusqu'à environ 76 cm..... ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Lorsque on ouvre le tube que fait le mercure ? Pourquoi ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	La pression atmosphérique exerce une force qui va jusqu'à 76 cm. .... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 2, mise en évidence de la pression hydrostatique (expérience qualitative) – 13/10/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	...il va s'écraser sur sa main... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que va-t-il se passer au niveau du sachet ? Pourquoi ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense qu'il va s'écraser car l'eau va exercée une forte pression Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	...oui ils étaient bonne... le sachet se comprime, il se colle. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Que va-t-il se passer au niveau du sachet ? Pourquoi ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	Il se comprime, il se colle à sa main car l'eau exerce une pression plus grande que celle dans le sachet donc il s'écrase. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 3, facteurs influençant la pression hydrostatique (laboratoire réel et virtuel) – 19/10/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	quand je plonge dans l'eau plus... ...je suis bas plus la pression est élevée Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Quelles sont les facteurs qui influence la pression hydrostatique ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que... ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont...	Je pense que plus on est bas dans l'eau et plus on y reste longtemps plus la pression est élevée. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	la pression varie en fonction de la masse volumique, de la profondeur et la gravité Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Quelles sont les facteurs qui influence la pression hydrostatique ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est...	La pression hydrostatique varie en fonction de la gravité, la profondeur et la masse volumique du corps. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 4, mise en évidence de la force d'Archimède (laboratoire réel, approche quantitative 1) – 10/11/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	l'eau et le sel ont une masse Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Comment varie la mesure sur le dynamo et pourquoi ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Elle augmente car l'eau a une ~~sans~~ ce qui va augmenter faire descendre la ligne dans le dynamomètre et que l'eau a aussi une pression. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats		
Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	observation : le poids de la boite passe de 1N à 0,6N Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Comment varie la mesure sur le dynamo et pourquoi ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	L'eau exerce une force sur le poids ce qui l'empêche de descendre et elle le fait remonter car la force qu'elle exerce est plus élevée que celle du poids, boite. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 5, mise en évidence de la force d'Archimède comme cause de la flottabilité d'un corps (laboratoire réel, approche quantitative 2) – 17/11/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	..les bouteilles ont une masse.. et cela diminue ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Lorsque j'immerge les 4 boites dans l'eau que se passe-t-il au niveau du dynamo ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que... ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense qu'elle vont toute diminuer mais certaine vont couler mais d'autre vont flotter. ..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	1 → 0,6 N..... 0,8 N → 0,4 N..... 0,5 N → 0,1 N..... 0,2 → flotte. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Lorsque j'immerge les 4 boites dans l'eau que se passe-t-il au niveau du dynamomètre ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	L'eau du bercail exerce une force de minimum 0,4 N. La a coulé pour tous sauf le 0,2 N car lui avait une force de 0,2 N et l'eau 0,4 N et les autre 0,5 N ; 0,8 N ; 1 N..... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 6, facteurs influençant la force d'Archimède (laboratoire réel, approche quantitative 3) – 17/11/2022

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	Elle peut varier. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Quels sont les facteurs influençant la force d'archimède? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense que le volume du liquide, la matière du solide, la profondeur. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	masse volumique du liquide et le volume font varier ; l'inverse du poids du corps, la surface Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Quels sont les facteurs influençant la force d'archimède? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	La masse volumique du liquide et le volume du corps font varier la force d'archimède. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Électricité

Situation-problème 7, mise en évidence de phénomènes électrostatiques (laboratoire réel, approche qualitative) – 26/01/2023

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	électricité quand je mets un certain T-shirt du trampoline et lorsque on se gratte les cheveux Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Comment se fait-il que les papiers bougent lorsque je passe le PVC au dessus d'eux - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense que en frottant le PVC sur la laine de l'électricité entre dans la molécule du PVC et quand on passe au dessus du papier elle se libère et fait monter les papiers Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Comment se fait-il que les papiers bougent lorsqu'on approche le bâton de PVC. - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	A l'aide du frottement qu'on exerce il y a une force qui attire l'élément vers lui ; …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 8, mise en évidence d'une force attractive ou répulsive en électrostatique – 27/01/2023

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	Il y a une force électrique Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que se passe-t-il lorsque j'approche le PVC frotté - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense que le PVC va bouger grâce à la force électrique que le bâton va réaliser sur les paillettes et donc elles vont se déplacer vers le bâton. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	Oui
Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Que se passe-t-il lorsque j'approche le PVC frotté ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	Le PVC n'attire pas l'autre tube de PVC car c'est la même matière il n'auront donc pas une grande utilité à s'associé car c'est les mêmes ils possèdent exactement les même constituant et sont électrique donc pas font utile à l'inverse avec du verre qui n'est pas la même matière donc c'est utile de s'assembler et la force des électrons du verre aura une plus grande charge il va donc être attiré. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 9, fonction d'un électroscope (expérience réelle, approche qualitative) – 09/02/2023

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	.en frottant le PVC devient négatif. .... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que se passe-t-il lorsque j'approche le PVC frotté de l'électroscope ? Le PVC non frotté ? et pourquoi ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Je pense que si on approche le PVC frotté (à l'élice) il va tourner car le PVC chargé (-) va effectuer une force par influence avec l'électroscope et les petits électros de ce dernier vont se repousser et il va devenir (+) donc il va tourner et non le non frotté. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	.... Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Que se passe-t-il quand j'approche le PVC frotté (ou non) de l'électroscope ? Pourquoi ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	L'aiguille a bougé car il y a eu une électrisation par influence (les électrons se sont écartés) et par la non frotté est neutre comme l'électroscope et le PVC est un isolant alors que le métal conducteur, ce qui permet de faire bouger l'aiguille. Le corps humain est également conducteur donc réinitialise l'aiguille. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Situation-problème 10, courant continu, montage en série et en parallèle et circuit ouvert ou fermé (laboratoire, approche qualitative) – 16/02/2023

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?	avec le circuit en série et qu'on dévisse une ampoule l'autre se coupe mais pas dans l'autre Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : Que se passe-t-il si je dévisse une ampoule ? - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.	
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	Dans un circuit en série et qu'on dévisse une ampoule l'autre s'éteint car elles sont reliées donc si une se coupe l'autre aussi. A l'inverse dans un circuit en parallèle qui ne se coupe pas car il y a des fils supplémentaire ce qui permet de continuer à passer malgré qu'il y ait une ampoule qui soit coupé/dévissé. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ?	Quand on dévisse une ampoule dans un des 2 modèles l'autre se coupe Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : Que se passe-t-il si je dévisse minimum 1 ampoule ? - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.	
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	Dans le circuit électrique en série si on dévisse une ampoule l'autre se coupe car elles sont sur le même chemin, le circuit et donc elle se coupe aussi. Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte	

Annexe 15: Transcription des entretiens semi-directifs de mars 2023, lors de l'étude 3

Marc

Timestamp	Speaker	Verbatim
0:00:36 - 0:00:40	Enseignant chercheur	Alors, tout d'abord, selon vous, qu'est-ce que c'est une pause métacognitive ?
0:01:03 - 0:01:10	Marc	[C'est s'arrêter pendant un moment pour réfléchir à la question plus posément et bien prendre le temps d'y répondre avec tout ce qu'on sait et pas un peu passer la question.] C'est la même chose que c'est ce qu'ils ont dit.
0:01:10 - 0:01:10	Enseignant chercheur	Ok, d'accord.
0:01:10 - 0:01:13	Enseignant chercheur	Et est-ce que c'est une démarche que vous avez facile à réaliser ?
0:01:13 - 0:01:14	Marc	Non, pas tout.
0:01:16 - 0:01:22	Marc	Il y en a certaines, elles sont faciles, et d'autres, moi, je n'arrive pas souvent à exprimer ce que je veux dire.
0:01:22 - 0:01:24	Marc	Par exemple, j'ai l'idée, mais je n'arrive pas à la mettre par écrit.
0:01:50 - 0:01:57	Enseignant chercheur	Et toi, Marc, tu as l'idée dans ta tête, mais tu as difficile à le dire par écrit.
0:01:57 - 0:02:01	Enseignant chercheur	La difficulté, elle est là, que ce soit avec un sujet que tu connais plutôt bien ou pas trop bien ?
0:02:01 - 0:02:09	Marc	Quand je connais plutôt bien, ça va, parce que je me souviens de ce que j'avais déjà écrit quand on l'a déjà vu, mais sinon, quand on ne connaît pas, c'est dur.
0:02:09 - 0:02:11	Enseignant chercheur	OK, D'accord.
0:02:11 - 0:02:19	Enseignant chercheur	Est-ce que vous avez des propositions, des idées sur comment on pourrait améliorer ces pauses métacognitives pour que vous les réalisiez plus facilement ?

0:02:19 - 0:02:27	Marc	Ben, le faire à l'oral, comme on fait déjà, c'est bien, parce que c'est plus simple, je trouve, de parler, d'expliquer que d'écrire.
0:03:00 - 0:03:03	Enseignant chercheur	En quoi c'est plus facile de t'exprimer oralement ?
0:03:03 - 0:03:09	Marc	Parce que des fois, quand on a des trucs dans notre tête, je trouve que quand on doit les écrire, ça ne veut pas toujours dire quelque chose.
0:03:09 - 0:03:13	Marc	Quand on les dit, c'est plus simple de les mettre en phrase.
0:03:46 - 0:03:53	Enseignant chercheur	Est-ce que vous pensez que quand on vit la pause et qu'on se pose la question, "qu'est-ce que je sais déjà ?"...
0:03:53 - 0:03:57	Enseignant chercheur	...est-ce que vous pensez que c'est efficace pour vous de se poser cette question, "qu'est-ce que je sais déjà ?"
0:03:57 - 0:04:01	Enseignant chercheur	Est-ce que ça vous aide à mieux comprendre, de commencer par cette question-là ?
0:04:01 - 0:04:02	Marc	Non.
0:04:31 - 0:04:36	Enseignant chercheur	Et donc, la question, elle ne vous est pas profitable ?
0:04:36 – 0:04:37	Marc	Non.
0:04:52 - 0:04:57	Enseignant chercheur	Donc, pour vous, on pourrait simplifier en ne mettant que, "quelle est ton hypothèse ?"
0:04:57 - 0:04:57	Marc	Oui.
0:05:41 - 0:05:48	Enseignant chercheur	À la fin d'une pause métacognitive, on fait chaque fois ce jeu de partager les idées des uns et des autres, d'en discuter.
0:05:48 - 0:05:52	Enseignant chercheur	Est-ce que vous pensez que c'est un moment important de ce qu'on fait, ça ?
0:05:52 - 0:05:52	Marc	Oui.

0:05:52 - 0:06:01	Marc	Parce qu'on peut savoir ce que les autres ont trouvé, comment ils réfléchissent.
0:06:08 - 0:06:19	Enseignant chercheur	Et dernière question, est-ce que vous avez des remarques à formuler sur le dispositif que vous avez vécu jusque-là, des idées, des suggestions, des choses à améliorer, des critiques ?
0:06:20 - 0:06:28	Marc	Varier, pas toujours faire par écrit, une fois le faire par l'oral, une fois par écrit, parce que tout le temps par écrit, ça devient long et...
0:06:28 - 0:06:39	Marc	Des fois, on écrit des choses, puis on se rend compte qu'on n'aura pas de place, alors on simplifie pour que ce soit plus court, et du coup, ça manque de précision.

Luc

Timestamp	Speaker	Verbatim
0:00:36 - 0:00:40	Enseignant chercheur	Alors, tout d'abord, selon vous, qu'est-ce que c'est une pause métacognitive ?
0:00:40 - 0:00:55	Luc	C'est s'arrêter pendant un moment pour réfléchir à la question plus posément et bien prendre le temps d'y répondre avec tout ce qu'on sait et pas un peu passer la question.
0:01:10 - 0:01:10	Enseignant chercheur	Ok, d'accord.
0:01:10 - 0:01:13	Enseignant chercheur	Et est-ce que c'est une démarche que vous avez facile à réaliser ?
0:01:13 - 0:01:14	Luc	Non, pas tout.
0:01:24 - 0:01:34	Luc	Ou alors, si on a déjà un peu parlé du sujet auparavant, par exemple, par rapport à l'électricité ou quoi, on a un peu plus de facilité à répondre.
0:01:34 - 0:01:48	Luc	Quand c'est un sujet, par exemple, les nutriments ou quoi, si on nous pose des questions au tout début, on ne saurait pas forcément répondre aussi aisément que si c'est l'électricité, par exemple.
0:02:11 - 0:02:19	Enseignant chercheur	Est-ce que vous avez des propositions, des idées sur comment on pourrait améliorer ces pauses métacognitives pour que vous les réalisiez plus facilement ?
0:02:27 - 0:02:34	Luc	C'est aussi bien le changement parce que depuis le début de l'année, c'est toujours le même système.
0:02:34 - 0:02:35	Luc	Et je trouve ça un peu ennuyant.
0:02:35 - 0:02:37	Luc	Au début, on était fort contents de le faire.
0:02:37 - 0:02:42	Luc	Et puis, faire à mesure de chaque fois, réécrire l'hypothèse, refaire.
0:02:42 - 0:02:51	Luc	C'est un peu, je trouve, c'est ça qui est bien avec les iPads maintenant, de changer.

0:03:00 - 0:03:03	Enseignant chercheur	En quoi c'est plus facile de t'exprimer oralement ?
0:03:15 - 0:03:16	Luc	Ça va plus vite.
0:03:17 - 0:03:22	Luc	Par exemple, quand on parle, j'imagine, au final, ce qu'on a dit sur 20 secondes, c'est égal à.…
0:03:23 - 0:03:32	Luc	Ouais, dix lignes, peut-être dix lignes que quand on écrit au final avec trois, quatre lignes, je trouve que c'est moins bien expliqué au final.
0:03:32 - 0:03:41	Luc	C'est après quand on met en commun qu'on vous fait un peu comprendre notre idée et que quand vous, vous lisez ça un peu après, c'est un peu plus dur pour vous.
0:03:46 - 0:03:53	Enseignant chercheur	Est-ce que vous pensez que quand on vit la pause et qu'on se pose la question, "qu'est-ce que je sais déjà ?"...
0:03:53 - 0:03:57	Enseignant chercheur	...Est-ce que vous pensez que c'est efficace pour vous de se poser cette question, "qu'est-ce que je sais déjà ?"
0:03:57 - 0:04:01	Enseignant chercheur	Est-ce que ça vous aide à mieux comprendre, de commencer par cette question-là ?
0:04:01 - 0:04:03	Luc	Honnêtement, je ne réponds pas souvent.
0:04:03 - 0:04:09	Luc	Parce que souvent, les thèmes abordés sont un peu des... Nouveaux trucs.
0:04:09 - 0:04:11	Luc	Et je trouve que...
0:04:11 - 0:04:19	Luc	Au début, quand on est en début de chapitre, je trouve qu'on ne pense pas forcément à ce qu'on a vécu dans la vraie vie.
0:04:19 - 0:04:24	Luc	On n'a pas vraiment l'impression que c'est à cause de ce phénomène-là et tout ça.
0:04:24 - 0:04:25	Luc	C'est plus après, je trouve.
0:04:25 - 0:04:31	Enseignant chercheur	Donc, des liens avec ce que tu vis au quotidien, tu ne les fais pas spécialement, en fait.

0:04:31 - 0:04:36	Enseignant chercheur	Et donc, la question, elle ne vous est pas profitable ?
0:04:52 - 0:04:57	Enseignant chercheur	Donc, pour vous, on pourrait simplifier en ne mettant que, quelle est ton hypothèse ?
0:04:57 - 0:04:57	Luc	Oui.
0:05:01 - 0:05:07	Enseignant chercheur	Alors, dans la logique, est-ce que les pauses métacognitives vous aident à émettre plus facilement, justement, des hypothèses ?
0:05:07 - 0:05:13	Enseignant chercheur	Est-ce que le fait de faire ce jeu de pauses métacognitives, est-ce que ça vous aide à plus facilement faire votre hypothèse « je pense que » ?
0:05:13 - 0:05:15	Enseignant chercheur	Et est-ce que ça vous aide aussi plus facilement à interpréter ?
0:05:15 - 0:05:20	Luc	Ça a beau nous ennuyer un peu de le faire, mais je trouve que c'est vraiment utile, je crois.
0:05:20 - 0:05:29	Luc	Parce que les hypothèses qu'on émet, elles sont quand même réfléchies, ce qui est différent de d'habitude.
0:05:29 - 0:05:33	Enseignant chercheur	Donc prendre ce temps-là, c'est positif ?
0:05:33 - 0:05:35	Luc	Oui, c'est positif.
0:05:41 - 0:05:48	Enseignant chercheur	À la fin d'une pause métacognitive, on fait chaque fois ce jeu de partager les idées des uns et des autres, d'en discuter.
0:05:48 - 0:05:52	Enseignant chercheur	Est-ce que vous pensez que c'est un moment important de ce qu'on fait, ça ?
0:06:02 - 0:06:04	Luc	Et avec leurs idées, on peut aussi améliorer notre deuxième hypothèse.
0:06:08 - 0:06:19	Enseignant chercheur	Et dernière question, est-ce que vous avez des remarques à formuler sur le dispositif que vous avez vécu jusque-là, des idées, des suggestions, des choses à améliorer, des critiques ?
0:06:39 - 0:06:40	Luc	Moi aussi, je trouve ça assez vrai.

0:06:40 - 0:06:45	Luc	Après, je sais pas.

Marie

Timestamp	Speaker	Verbatim
00:00:08 - 00:00:18	Enseignant chercheur	Donc la première question qu'on aimerait bien vous poser, c'est selon vous, qu'est-ce qu'une pause métacognitive ? Vous pouvez vous compléter, vous opposer, ça va.
00:00:53 - 00:00:58	Marie	C'est prendre du recul par rapport à la question.
00:00:59 - 00:00:59	Enseignant chercheur	C'est quoi pour toi, prendre du recul ?
00:01:00 - 00:01:04	Marie	Mais vous dites toujours, il ne faut pas s'embrouiller.
00:01:04 - 00:01:12	Marie	On met en pause le cerveau et on ne pense qu'à la question.
00:01:12 - 00:01:20	Enseignant chercheur	Et du coup, la réalisation des pauses métacognitives, est-ce que c'est une démarche pour vous, en tout cas, que vous avez facile à réaliser ?
00:01:20 - 00:01:20	Marie	Non.
00:01:36 - 00:01:43	Enseignant chercheur	Pourquoi est-ce que c'est difficile pour vous ?
00:01:45 - 00:01:47	Marie	Moi, j'arrive pas à expliquer des trucs.
00:01:47 - 00:01:48	Marie	Genre, ça m'énerve.
00:01:48 - 00:01:51	Marie	C'est même pas j'arrive pas, c'est juste ça m'énerve.
00:01:51 - 00:01:52	Enseignant chercheur	Ça t'énerve ? Qu'est-ce qui t'énerve ?
00:01:52 - 00:01:54	Marie	De devoir réfléchir.
00:01:54 - 00:01:58	Enseignant chercheur	De devoir réfléchir.

00:01:58 - 00:02:02	Marie	Quand je ne sais pas le truc et que je dois quand même donner une réponse à quelque chose que je ne sais pas.
00:02:02 - 00:02:20	Enseignant chercheur	Ah oui, c'est pour ça que ça t'énerve. C'est parce que tu ne sais pas. Est-ce que du coup, tu as déjà vécu des situations où ça t'énervait moins que d'autres ? Est-ce que tu es énervée tout le temps, quelle que soit la question qu'on te pose ? Ou est-ce que parfois, tu t'es dit, là, ça m'énerve moins, là, ça m'énerve plus ?
00:02:20 - 00:02:22	Marie	Quand je sais un petit peu, ça va.
00:02:22 - 00:02:24	Marie	Ça m'ennuie, mais ça va.
00:02:24 - 00:02:24	Marie	Mais sinon...
00:02:25 - 00:02:33	Enseignant chercheur	Ok, il y a quand même une différence en fonction de tes connaissances alors ? Ok, merci.
00:02:38 - 00:02:46	Enseignant chercheur	Ok, alors si vous avez des difficultés à la réaliser, qu'est-ce qu'on pourrait mettre en place en tout cas pour que vous puissiez la réaliser plus facilement ?
00:02:46 - 00:02:49	Enseignant chercheur	Ça vous semble en tout cas plus facile à réaliser.
00:03:13 - 00:03:21	Enseignant chercheur	Tu penses quand même qu'il y aurait une autre façon, si même tu gardes le fond, mais une autre façon de le faire qui te semblerait plus simple que par écrit, par exemple, ou quoi ?
00:03:46 - 00:03:47	Marie	Non, je ne sais pas.
00:03:47 - 00:03:49	Marie	Je n'ai pas vraiment d'avis là-dessus.
00:03:50 - 00:04:00	Enseignant chercheur	Donc la prochaine question, pardon, c'est pensez-vous que vivre cette pause métacognitive et vous poser du coup la question "qu'est-ce que je sais déjà" est efficace pour vous ?
00:04:00 - 00:04:05	Enseignant chercheur	Et est-ce que justement ça vous aide à mieux comprendre par la suite ?

00:04:47 - 00:04:51	Enseignant chercheur	Tiens, Marie, t'as dit non.
00:04:52 - 00:04:56	Marie	Non, parce que ce que je sais déjà, je l'écris ou pas, ça sert à rien.
00:04:56 - 00:04:57	Marie	Si je le sais, je le sais.
00:04:58 - 00:05:00	Marie	C'est à chaque fois expliqué.
00:05:00 - 00:05:05	Marie	Si je sais que je m'appelle Marie, je n'ai pas écrit que je m'appelle Marie.
00:05:05 - 00:05:06	Marie	Je ne sais pas.
00:05:06 - 00:05:15	Enseignant chercheur	Pour toi, ça veut dire que tu n'as pas ce besoin de l'écrire, comme l'explique SopoucI4, de prendre le temps d'écrire, d'y faire référence.
00:05:16 - 00:05:17	Enseignant chercheur	Ok.
00:05:17 - 00:05:26	Enseignant chercheur	Tu serais capable, sans faire cette pause, de directement proposer une hypothèse, par exemple, ou une interprétation.
00:05:26 - 00:05:32	Enseignant chercheur	Et en soi, elle ne te sert pas à grand-chose.
00:05:33 - 00:05:33	Enseignant chercheur	Ok.
00:06:34 - 00:06:46	Enseignant chercheur	La prochaine question, du coup, qui relie quand même un peu ce que vous venez déjà d'expliquer, c'est est-ce que réaliser cette pause métacognitive vous aide à émettre plus facilement des hypothèses ou alors à proposer une interprétation ?
00:06:46 - 00:06:53	Enseignant chercheur	Et comment, justement, ça vous aide, cette mise en place ?
00:07:06 - 00:07:24	Marie	Mais non, dans le sens où il y a des fois où on perd du temps alors qu'on pourrait simplement en parler parce que c'est peut-être quelque chose de plus simple ou c'est plus facile à dire qu'à écrire.

00:07:25 - 00:07:25	Marie	C’est pareil.
00:07:25 - 00:07:26	Marie	Tout pareil.
00:07:50 - 00:07:59	Enseignant chercheur	Après les pauses métacognitives, que ce soit de l’hypothèse ou de l’interprétation, souvent on vous propose un peu de partager vos idées avec l’enseignant et les autres élèves de la classe.
00:07:59 - 00:08:05	Enseignant chercheur	Pensez-vous qu’il s’agit d’un moment important justement dans la démarche ?
00:08:05 - 00:08:05	Marie	Oui.
00:08:05 - 00:08:06	Enseignant chercheur	Pourquoi ?
00:09:01 - 00:09:02	Marie	Moi, je trouve que c’est important pour les hypothèses.
00:09:02 - 00:09:08	Marie	Comme SopoucI4 l’a dit, comme ça, on peut mettre en commun et avoir plusieurs avis.
00:09:10 - 00:09:12	Enseignant chercheur	Ça te fait réfléchir, du coup ?
00:09:12 - 00:09:15	Enseignant chercheur	D’entendre un autre avis, tu te dis peut-être... Oui, un peu.
00:09:15 - 00:09:19	Marie	Je me dis que je n’avais pas pensé à ça, mais je suis d’accord avec ça.
00:09:19 - 00:09:19	Marie	Voilà.
00:09:20 - 00:09:25	Enseignant chercheur	Est-ce que tu penses que d’entendre les autres, du coup, ça fait évoluer ton hypothèse, par exemple ?
00:09:25 - 00:09:33	Enseignant chercheur	Est-ce que ton hypothèse, voilà, tu as dit une chose, et puis tu entends quelque chose d’autre, tu te dis, ah oui, tiens, je pourrais améliorer, du coup, avec cette idée-là ?
00:09:33 - 00:09:34	Marie	Oui, souvent.

00:09:45 - 00:09:49	Enseignant chercheur	Et alors, notre dernière question, c'est justement, est-ce que vous avez des remarques à propos du dispositif ?
00:11:31 - 00:11:34	Marie	Je trouve que c'est mieux de dire que d'écrire.
00:11:34 - 00:11:34	Marie	Enfin...
00:11:36 - 00:11:37	Marie	Je ne sais pas comment expliquer.
00:11:37 - 00:11:39	Marie	Écrire, moi, je n'arrive pas à développer.
00:11:39 - 00:11:42	Marie	Je sais mon idée, mais je n'arrive pas à l'écrire.
00:11:42 - 00:11:44	Marie	Mais si je la dis, c'est plus facile déjà.
00:11:44 - 00:11:46	Enseignant chercheur	Donc pour toi, oralement, ce serait plus facile.
00:11:46 - 00:11:50	Enseignant chercheur	Il y aurait le même exercice avec la question que je te pose, mais tu devrais la dire oralement.
00:11:50 - 00:11:51	Marie	Ça irait.

Claire

Timestamp	Speaker	Verbatim
0:00:30 - 0:00:34	Enseignant chercheur	Alors d'abord, petite question préalable, qu'est-ce que c'est selon vous une pause métacognitive ?
0:00:54 - 0:01:09	Claire	Moi, je pense que c'est surtout prendre le temps de s'arrêter et de se concentrer sur ce qu'on doit faire et réfléchir sur ce qu'on sait déjà, sur ce qu'on se base aussi, un petit peu quand même, et faire attention à ce qu'on note et tout.
0:01:09 - 0:01:10	Enseignant chercheur	D'accord.
0:01:23 - 0:01:26	Enseignant chercheur	Alors, est-ce que c'est une démarche qui est facile à réaliser pour vous ?
0:01:26 - 0:01:28	Enseignant chercheur	Mener cette pause métacognitive ?
0:01:30 - 0:01:32	Claire	Personnellement, pas trop.
0:01:32 - 0:01:36	Claire	Parce que ce qu'on a dans la tête, c'est parfois compliqué de le mettre à l'écrit.
0:01:36 - 0:01:39	Claire	Mais je trouve que c'est important de savoir le faire.
0:01:39 - 0:01:41	Claire	Enfin, donner son avis aussi par écrit et tout, c'est bien.
0:01:41 - 0:01:44	Claire	Parce qu'oralement, c'est plus facile, du coup.
0:01:44 - 0:01:48	Claire	Pour moi, personnellement.
0:01:48 - 0:01:49	Enseignant chercheur	D'accord.
0:01:49 - 0:01:51	Enseignant chercheur	Mais tu penses quand même que c'est important de savoir le faire ?
0:01:51 - 0:01:53	Claire	Oui, je pense que c'est important de le faire.

0:02:32 - 0:02:39	Enseignant chercheur	Alors vous menez des pauses métacognitives depuis le début de l'année.
0:02:39 - 0:02:44	Enseignant chercheur	J'ai déjà entendu en classe "encore des pauses métacognitives", on ne se le cache pas.
0:02:44 - 0:02:52	Enseignant chercheur	Mais selon vous, comment est-ce que ça pourrait être amélioré pour que vous réalisiez les choses plus facilement ?
0:02:59 - 0:03:02	Enseignant chercheur	Pas d'idée ?
0:03:02 - 0:03:05	Enseignant chercheur	Donc c'est difficile, c'est pas facile de s'exprimer sur le sujet.
0:03:05 - 0:03:11	Enseignant chercheur	C'est quelque chose qui manifestement ne génère pas non plus quelque chose de positif parce qu'on l'a déjà entendu depuis le début de l'année.
0:03:11 - 0:03:23	Enseignant chercheur	Mais là, pas de piste d'idée de comment ça pourrait être plus facile pour vous, plus agréable pour vous.
0:03:23 - 0:03:24	Claire	Oui, c'est bien aussi par oral.
0:03:24 - 0:03:25	Claire	Je trouve que c'est bien de faire les deux.
0:03:25 - 0:03:26	Claire	Une fois l'autre, je ne sais pas, comme on fait maintenant.
0:03:26 - 0:03:26	Enseignant chercheur	D'accord.
0:03:28 - 0:03:33	Enseignant chercheur	Alors, pensez-vous que vivre les pauses métacognitives et vous poser la question « qu'est-ce que je sais déjà ?"
0:03:33 - 0:03:35	Enseignant chercheur	est-ce que c'est efficace pour vous ?
0:03:35 - 0:03:37	Claire	Oui.
0:03:37 - 0:03:39	Claire	Parce que ça peut influencer notre réponse, du coup.

0:03:39 - 0:03:45	Claire	Si on sait plus de choses, dans notre réponse, elle sera plus complète et peut-être plus juste.
0:03:45 - 0:03:51	Enseignant chercheur	Ça vous aide à mieux comprendre ?
0:03:51 - 0:03:51	Claire	Oui, parfois, oui.
0:03:51 - 0:03:57	Enseignant chercheur	Est-ce que réaliser une pause métacognitive vous aide à émettre plus facilement des hypothèses ou plus facilement à interpréter ?
0:04:00 - 0:04:17	Enseignant chercheur	Est-ce que réellement ça vous aide ou est-ce que vous dites ok, on joue avec lui, il est sympa, il est mignon, mais en somme, c'est rigolo, on arrive, on note, on note ce qu'on sait déjà, mais ça ne nous aide pas vraiment à émettre des hypothèses plus facilement ou est-ce qu'au contraire ça vous aide ?
0:04:25 - 0:04:28	Claire	Moi aussi, je trouve que ça aide.
0:04:28 - 0:04:37	Claire	Parce que si tu te concentres en disant « qu'est-ce que je sais déjà? », tu vas repêcher des idées d'il y a longtemps et tu te concentres vraiment là-dessus pour après faire une hypothèse en fonction de ce qu'on sait.
0:04:38 - 0:04:45	Claire	Tandis que si on fait directement une hypothèse, on aura une idée, mais il y en aura peut-être plusieurs.
0:04:45 - 0:04:51	Claire	On pourrait faire une plus grosse hypothèse et mieux.
0:04:55 - 0:05:12	Enseignant chercheur	Est-ce que réaliser une pause métacognitive, à la fin d'une pause métacognitive, j'ai veillé à essayer de partager les idées des uns et des autres, d'en discuter en quelques mots, comme Mme Piron le fait également.
0:05:12 - 0:05:16	Enseignant chercheur	Pensez-vous qu'il s'agit d'un moment important dans la démarche, ce moment d'échange ?
0:05:31 - 0:05:38	Claire	Moi je suis d'accord aussi, voir les avis des autres parce qu'on n'a pas tout le temps les mêmes réflexions, on ne réfléchit pas de la même façon et donc on a des trucs différents à la fin.

0:05:38 - 0:05:39	Enseignant chercheur	D’accord, oui.
0:05:39 - 0:05:41	Claire	Je trouve ça intéressant aussi de savoir.

Thomas

Timestamp	Speaker	Verbatim
00:00:08 - 00:00:18	Enseignant chercheur	Donc la première question qu'on aimerait bien vous poser, c'est, selon vous, qu'est-ce qu'une pause métacognitive ? Vous pouvez vous compléter, vous opposer, ça va.
00:00:18 - 00:00:31	Thomas	C'est une pause où il faut... On va donner ce qu'on pense et après nos précisions de pourquoi un phénomène et tout.
00:01:12 - 00:01:20	Enseignant chercheur	Et du coup, la réalisation des pauses métacognitives, est-ce que c'est une démarche pour vous, en tout cas, vous avez facile à réaliser ?
00:01:20 - 00:01:20	Thomas	Non.
00:01:36 - 00:01:43	Enseignant chercheur	Pourquoi est-ce que c'est difficile pour vous ?
00:01:44 - 00:01:45	Thomas	Il faut juste savoir réfléchir sur le phénomène.
00:02:38 - 00:02:49	Enseignant chercheur	Ok, alors si vous avez des difficultés à la réaliser, qu'est-ce qu'on pourrait mettre en place en tout cas pour que vous puissiez la réaliser plus facilement ? Ça vous semble en tout cas plus facile à réaliser.
00:03:13 - 00:03:21	Enseignant chercheur	Tu penses quand même qu'il y aurait une autre façon, si même tu gardes le fond, mais une autre façon de le faire qui te semblerait plus simple que par écrit, par exemple, ou quoi ?
00:03:21 - 00:03:28	Thomas	Je ne pense pas parce que par écrit, on a plus le temps de réfléchir du coup et de construire nos phrases correctement.
00:03:28 - 00:03:31	Thomas	Oui, parce qu'à l'oral, c'est mieux quand même que tu ne bégayes pas trop.
00:03:32 - 00:03:37	Thomas	Ici, tu peux réfléchir un peu, tu écris un peu, après tu peux réécrire.
00:03:37 - 00:03:44	Thomas	Mais là, tu fais tout d'un coup, donc tu ne sauras pas réfléchir tout.

00:03:50 - 00:04:00	Enseignant chercheur	Donc la prochaine question, pardon, c'est "pensez-vous que vivre cette pause métacognitive et vous poser du coup la question qu'est-ce que je sais déjà est efficace pour vous ?
00:04:00 - 00:04:05	Enseignant chercheur	Et est-ce que justement ça vous aide à mieux comprendre par la suite ?
00:05:33 - 00:05:33	Enseignant chercheur	Et toi, Thomas ?
00:05:33 - 00:05:41	Enseignant chercheur	Pareil ? Plutôt négatif ? Ça ne te sert pas à grand-chose, ce temps-là ?
00:05:36 - 00:05:41	Thomas	Ah non, parce que tu peux le voir dans le cours, les expériences, les explications, tu peux le voir dans le cours.
00:05:41 - 00:05:42	Thomas	Si tu l'as en tête, bien.
00:05:42 - 00:05:44	Thomas	Et après, tu le diras au cours, quoi.
00:05:44 - 00:05:46	Thomas	Il n'y a pas vraiment... Je trouve de le dire par écrit, quoi.
00:05:46 - 00:05:51	Enseignant chercheur	Ok, et donc cette question du qu'est-ce que je sais déjà, pour toi, ne t'aide pas.
00:05:51 - 00:05:55	Thomas	Mais moi, souvent, en plus, je crois que je ne complète pas ça.
00:05:55 - 00:05:59	Thomas	Je ne sais pas sûr, mais je pense que souvent, je ne complète pas ça, je fais juste la question.
00:05:59 - 00:06:01	Enseignant chercheur	Ok, d'accord. Et pourquoi tu ne complètes pas ?
00:06:01 - 00:06:03	Thomas	Mais en fait, j'oublie, je crois.
00:06:03 - 00:06:04	Enseignant chercheur	Tu oublies ?
00:06:18 - 00:06:23	Thomas	Oui, parce que pour moi, ce que je sais déjà, ça m'aide pas vraiment, parce que tu l'as dans ta tête, donc tu n'as pas besoin de l'écrire.

00:06:23 - 00:06:25	Thomas	Donc tu l'écris direct dans la phrase.
00:06:25 - 00:06:28	Enseignant chercheur	Directement dans la phrase d'interprétation ou d'hypothèse ?
00:06:28 - 00:06:28	Thomas	Oui.
00:06:34 - 00:06:46	Enseignant chercheur	La prochaine question, du coup, qui relie quand même un peu ce que vous venez déjà d'expliquer, c'est est-ce que réaliser cette pause métacognitive vous aide à émettre plus facilement des hypothèses ou alors à proposer une interprétation ?
00:06:46 - 00:06:53	Enseignant chercheur	Et comment, justement, ça vous aide, cette mise en place ?
00:07:27 - 00:07:33	Thomas	C'est vrai que oui, parce que dans le cours, tu ne peux pas toujours exprimer ce que tu veux, ton hypothèse et tout, parce qu'on n'a pas vraiment le temps.
00:07:33 - 00:07:38	Thomas	C'est vrai qu'on perd un peu du temps à cause de ça.
00:07:38 - 00:07:44	Thomas	Tu n'as pas vraiment tout le temps la motivation non plus.
00:07:50 - 00:07:59	Enseignant chercheur	Après les pauses métacognitives, que ce soit de l'hypothèse ou de l'interprétation, souvent on vous propose un peu de partager vos idées avec l'enseignant et les autres élèves de la classe.
00:07:59 - 00:08:05	Enseignant chercheur	Pensez-vous qu'il s'agit d'un moment important justement dans la démarche ?
00:08:06 - 00:08:11	Thomas	Surtout pour les hypothèses je crois, parce que tu peux dire ton idée, ton avis et tout.
00:08:16 - 00:08:24	Enseignant chercheur	Et tu dis surtout les hypothèses, ça veut dire que pour toi, au moment de l'interprétation, c'est moins intéressant de partager ce que tu écris ?
00:08:24 - 00:08:38	Thomas	On vient de le dire avant, on l'a dit un peu dans l'expérience, parce que pendant les expériences, on parle un peu, donc on l'a un peu dit sur les interprétations, donc tout le monde le sait, donc normalement t'as plus ou moins la même interprétation, t'as vu la même chose que les autres, donc tu

		devrais normalement avoir la même interprétation que les autres.
00:09:34 - 00:09:40	Thomas	Quand tu entends les autres, tu te dis, ah oui, ça, j'ai oublié, peut-être que je rajoute après.
00:09:40 - 00:09:45	Thomas	Du coup, tu rajoutes dans les interprétations.
00:09:45 - 00:09:49	Enseignant chercheur	Et alors, notre dernière question, c'est justement, est-ce que vous avez des remarques à propos du dispositif ?
00:11:55 - 00:11:59	Thomas	De côté, c'était mieux oralement.
00:11:59 - 00:12:01	Thomas	Même si on le dit après.
00:12:01 - 00:12:05	Thomas	Le problème, c'est que quand tu le dis oralement, tu n'as pas tout le même temps.
00:12:06 - 00:12:10	Thomas	Tu n'as pas le temps de tout détailler des fois parce qu'il faut passer à autre chose.
00:12:10 - 00:12:13	Thomas	Et par écrit, on laisse le temps de bien l'écrire.
00:12:13 - 00:12:16	Enseignant chercheur	Donc pour toi, il n'y a pas une meilleure solution qu'une autre ?
00:12:18 - 00:12:22	Thomas	Il faudrait que les deux se fassent en même temps, oralement et écrit, pour pouvoir revenir dessus.
00:12:22 - 00:12:24	Thomas	Moitié oral, moitié écrit.
00:12:24 - 00:12:30	Thomas	Moi, ça nous exerce à écrire des justifications et tout.
00:12:30 - 00:12:37	Thomas	Et oralement aussi, ça nous permet de savoir le dire oralement, parce qu'il n'y a pas que par écrit, il faut savoir le dire.

Annexe 16: Questionnaire a posteriori, définition du terme « pause métacognitive » au 15 mai 2023, lors de l'étude 3

Dans le questionnaire a posteriori, question 1 « Qu'est-ce qu'une pause métacognitive ? »

Marc : « C'est prendre une pause pour réfléchir à la question. »

Luc : « C'est lorsque l'on prend le temps de réfléchir à la question et d'utiliser la totalité des éléments que l'on connaît à propos du sujet demandé. »

Thomas : « C'est un moment où l'on fait part de nos connaissances sur les différentes matières sous forme d'interprétation et de supposition. »

Marie : « Une pause métacognitive est une pause lors que laquelle on doit se questionner sur une question posée, avec ce qu'on sait déjà, hypothèse, interprétations. Il faut parvenir à mettre son cerveau en pause, prendre du recul et se mettre dans sa bulle. »

Claire : « C'est un instant de réflexion. On prend le temps de réfléchir et de se rappeler des anciennes connaissances acquises. »

Annexe 17 : Questionnaire a posteriori, définition du terme « contrôle inhibiteur » au 15 mai 2023, lors de l'étude 3

Dans le questionnaire a posteriori, question 2 « Qu'est-ce que le contrôle inhibiteur ? »

Marc : « Ce sont des tests pour entrainer notre réactivité et notre réflexion. »

Luc : « C'est réfléchir rapidement en faisant le moins d'erreurs. »

Thomas : « C'est un test de rapidité sur des petits exercices de qui est plus grand qui est plus petit. »

Marie : « Entrainer ses réflexes de rapidité. »

Claire : « C'est activer notre cerveau pour réfléchir à une question, un problème qui a l'air simple et sans difficulté à première vue mais qui ne l'est parfois pas. Savoir réfléchir vite et répondre correctement. »

Annexe 18 : Questionnaire a posteriori, items du questionnaire a posteriori portant sur les pauses métacognitives, lors de l'étude 3

La valeur attribuée à la pause métacognitive

3 – 1 « Je comprends l'intérêt de mener une pause métacognitive. »

Marc : D'accord

Luc : Pas d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : D'accord

Claire :D'accord

4 – 1 « La mise en œuvre d'une pause métacognitive me semble utile. »

Marc : d'accord

Luc : Pas d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : Pas d'accord

Claire : Tout à fait d'accord

3 – 3 « J'apprécie mener la démarche des pauses métacognitives vécue en classe. »

Marc : D'accord

Luc : Pas d'accord

Thomas : Pas du tout d'accord

Marie : Pas du tout d'accord

Claire : Pas d'accord

3 – 11 « Réaliser une pause métacognitive est une source de stress. »

Marc : Pas d'accord

Luc : Pas du tout d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : d'accord

Claire : Pas du tout d'accord

Sentiment de compétence, suis-je capable de réaliser la tâche ?

4 – 4 « C'est facile de se mettre en pause métacognitive. »

Marc : pas d'accord

Luc : d'accord

Thomas : d'accord

Marie : d'accord

Claire : pas d'accord

3 – 5 « J'exprime facilement mes idées, lorsque je lis la question « Qu'est-ce que je sais déjà ? ». »

Marc : Pas du tout d'accord

Luc : Pas du tout d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : Pas du tout d'accord

Claire :D'accord

3 – 6 « Après avoir répondu à la question « Qu'est-ce que je sais déjà? », j'émets plus facilement des hypothèses. »

Marc : Pas du tout d'accord

Luc : Pas du tout d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : Pas du tout d'accord

Claire :D'accord

3 – 9 « Après avoir mené une pause métacognitive, je me sens davantage capable d'émettre des hypothèses. »

Marc : D'accord

Luc : Pas d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : Pas du tout d'accord

Claire : D'accord

3 – 7 « Après avoir répondu à la question « Qu'est-ce que je sais déjà? », je propose plus facilement des interprétations. »

Marc : Pas du tout d'accord

Luc : Pas du tout d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : Pas du tout d'accord

Claire :Pas d'accord

3 – 10 « Après avoir mené une pause métacognitive, je me sens davantage capable de proposer une interprétation. »

Marc : D'accord

Luc : Pas d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : Pas du tout d'accord

Claire : Pas d'accord

L'approche socio-constructiviste

3 – 2 « Il est facile pour moi d'exprimer oralement mes réflexions sur le vécu durant les pauses métacognitives. »

Marc : Tout à fait d'accord

Luc : D'accord

Thomas : D'accord

Marie : D'accord

Claire : Tout à fait d'accord

4 – 10 « Après avoir répondu personnellement aux questions métacognitives, je trouve que c'est intéressant d'en discuter avec l'enseignant et la classe. »

Marc : D'accord

Luc : d'accord

Thomas : d'accord

Marie : tout à fait d'accord

Claire : D'accord

4 – 15 « C'est important pour moi de partager mes idées oralement avec les autres élèves de la classe pour m'aider à comprendre. »

Marc : D'accord

Luc : tout à fait d'accord

Thomas : d'accord

Marie : tout à fait d'accord

Claire : D'accord

4 – 18 « Je pense que le rôle de mon enseignant est essentiel pour améliorer mes idées lorsque je m'exprime oralement en classe. »

Marc : D'accord

Luc : pas d'accord

Thomas : d'accord

Marie : d'accord

Claire : tout à fait D'accord

Influence sur les apprentissages

4 – 12 « Prendre le temps de réfléchir avant de m'exprimer m'aide à mieux formuler mes idées. »

Marc : d'accord

Luc : Pas d'accord

Thomas : d'accord

Marie : d'accord

Claire : Tout à fait d'accord

4 – 7 « Faire une pause métacognitive m'aide à structurer ma pensée. »

Marc : d'accord

Luc : Pas d'accord

Thomas : pas d'accord

Marie : pas d'accord

Claire : d'accord

4 – 8 « Faire une pause métacognitive m'aide à produire une meilleure réponse. »

Marc : d'accord

Luc : Pas d'accord

Thomas : pas d'accord

Marie : d'accord

Claire : tout à fait d'accord

3 – 4 « Je pense que mener des pauses métacognitives m'aide à mieux comprendre la matière. »

Marc : D'accord

Luc : Pas d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : Pas d'accord

Claire :D'accord

Prolongement de la démarche

Par moi-même, j'appliquerai encore cette pause métacognitive dans le cours de sciences.

Marc : d'accord

Luc : Pas d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : d'accord

Claire : d'accord

Dans le futur, j'appliquerai une pause métacognitive dans différentes situations scolaires.

Marc : d'accord

Luc : Pas d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : d'accord

Claire : d'accord

Se mettre en pause métacognitive peut avoir du sens dans la vie de tous les jours.

Marc : d'accord

Luc : d'accord

Thomas : pas d'accord

Marie : d'accord

Claire : tout à fait d'accord

Si l'enseignante arrête d'activer la pause métacognitive, j'ai pris l'habitude de le faire par moi-même.

Marc : pas d'accord

Luc : pas d'accord

Thomas : d'accord

Marie : pas du tout d'accord

Claire : pas d'accord

Analyse du dispositif

As-tu trouvé qu'il était plus facile de répondre aux questions métacognitives au fur et à mesure des cours? Si oui, explique pourquoi.

Marc : Oui car on s'exprimait plus facilement

Luc : Oui, car les sujets vus en fin d'année était plus simples que ceux vus en début d' année

Thomas : non

Marie : Non c'est rester pareil que début d'année car c'est toujours le même principe. C'est ni plus dur ni plus facile.

Claire : Oui car on a déjà plus de connaissances qu'en début d'année. On sait plus facilement se concentrer car on a l'habitude de le faire.

La feuille reprenant les questions et sous-questions métacognitives t'a-t-elle aidé à réaliser les pauses métacognitives? Explique avec précision tes idées.

Marc : Oui

Luc : Non, [et je n'ai pas souvent répondu à la question qu'est-ce que je sais déjà car je me répétais dans la partie mes hypothèse.]

Thomas : non

Marie : Non [car je trouve que on avait pas assez de place pour pouvoir écrire nos réponses complète.]

Claire : Oui car nos idées sont structurées. Une fois écrit c'est plus facile d'en parler oralement.

Suite aux différents temps de pause métacognitive vécus, penses-tu à des façons d'améliorer ce que tu as vécu? As-tu des critiques (positives ou négatives) à émettre, dans le but d'améliorer le d...

Marc : Oui faire plus par orale

Luc : Je trouve ça trop ennuyeux car ça se répète toute l'année mais le point positif c'est lorsque avec la stagiaire on a fait oralement ce qui [changeais] et rendait ça plus attirant.

Thomas : Il faudrait réduire le nombre

Marie : Supprimer la partie "qu'est-ce que je sais déjà ?" on bien le faire à l'oral car lorsque on émet des hypothèses on pense naturellement à ce qu'on sait déjà. Et peut-être accorder plus de temps à l'oral qu'à l'écrit.

Claire : Je trouve que c'est bien de pouvoir procéder à l'écrit et à l'oral.

Annexe 19: Questionnaire a posteriori, items du questionnaire a posteriori portant sur l'entrainement du contrôle inhibiteur, lors de l'étude 3

La valeur attribuée à l'entrainement du contrôle inhibiteur

Je comprends l'intérêt d'entrainer mon contrôle inhibiteur.

Marc : Pas d'accord

Luc : D'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : Pas d'accord

Claire : Tout à fait d'accord

Le sentiment de compétence à entrainer son contrôle inhibiteur

L'entrainement proposé pour développer mon contrôle inhibiteur est facile.

Marc : D'accord

Luc : Pas d'accord

Thomas : Tout à fait d'accord

Marie : Tout à fait d'accord

Claire : Pas d'accord

Je pense qu'en prenant le temps de réfléchir, je produis de meilleures réponses.

Marc : D'accord

Luc : d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : d'accord

Claire : d'accord

L'influence sur les apprentissages

Entrainer mon contrôle inhibiteur m'aide à mieux comprendre le cours de sciences.

Marc : D'accord

Luc : Pas d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : Pas du tout d'accord

Claire : d'accord

Développer mon contrôle inhibiteur est essentiel pour donner de meilleures réponses.

Marc : D'accord

Luc : D'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : Pas du tout d'accord

Claire : D'accord

Je pense que l'entrainement suivi tout au long de l'année m'aide à produire de meilleures réponses à présent.

Marc : d'accord

Luc : Pas du tout d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : Pas du tout d'accord

Claire : d'accord

Entrainer mon contrôle inhibiteur m'aide à ne pas tomber dans des pièges dans des exercices de sciences.

Marc : d'accord

Luc : Pas du tout d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : Pas du tout d'accord

Claire : d'accord

Prolongement de la démarche

Entrainer mon contrôle inhibiteur peut avoir de l'intérêt dans mon quotidien.

Marc : pas d'accord

Luc : Pas d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : Pas d'accord

Claire : Tout à fait d'accord

Je souhaite continuer à entrainer mon contrôle inhibiteur l'année prochaine.

Marc : D'accord

Luc : Pas d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : Pas du tout d'accord

Claire : d'accord

Si je continue à avoir accès à la plateforme d'entrainement, je continuerai à entrainer mon contrôle inhibiteur.

Marc : D'accord

Luc : Pas d'accord

Thomas : Pas d'accord

Marie : Pas du tout d'accord

Claire : d'accord

Annexe 20: Démarche d'investigation en chimie « la neutralisation », données des élèves emblématiques

Claire :

- Imagine une expérience permettant de vérifier la réaction de neutralisation qui se produit dans l'estomac lorsqu'on met en présence ces 2 corps.
- Aide-toi du document sur les indicateurs colorés (p23-24).

Matériel et produits :

- Chlorure d'hydrogène
- Lait de magnésie
- bleu de bromothymol

Mode opératoire :

- Verser dans un tube à essaie, 4 mm^3 de chlorure d'hydrogène.
- Verser en plus le lait de magnésie (5 gouttes
- Verser après 1 minutes le bleu de bromothymol
- Observer

Schémas :

Observations :

Lorsque l'on mélange le chlorure d'hydrogène et le lait, le liquide devi

Conclusion :

Luc :

- Imagine une expérience permettant de vérifier la réaction de neutralisation qui se produit dans l'estomac lorsqu'on met en présence ces 2 corps.
- Aide-toi du document sur les indicateurs colorés (p23-24).

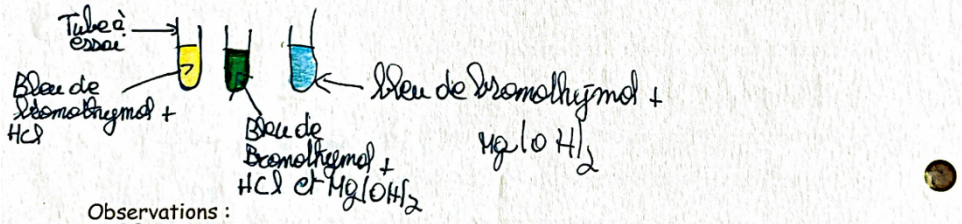
Matériel et produits :

- HCl
- $Mg(OH)_2$
- Tube à essais
- Bleu de bromothymol

Mode opératoire :

- Verser de HCl et du bleu de bromothymol dans un tube à essai.
- Verser du $Mg(OH)_2$ et du bleu de bromothymol dans un tube à essai.
- Verser du HCl de $Mg(OH)_2$ et du bleu de bromothymol dans un tube à essai
- Regarder la réaction

Schémas :



Observations :

Le bleu de bromothymol devient
Bleu avec $Mg(OH)_2$ Vert avec HCl + $Mg(OH)_2$
Jaune avec HCl

Conclusion :

Une solution acide et une solution basique forme une solution neutre

Marie :

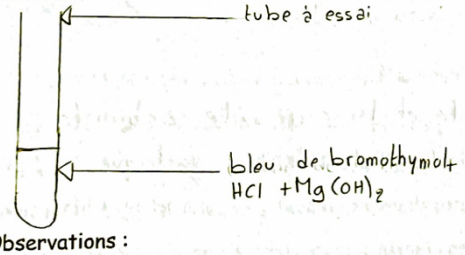
- Imagine une expérience permettant de vérifier la réaction de neutralisation qui se produit dans l'estomac lorsqu'on met en présence ces 2 corps.
  $HX + MOH$
- Aide-toi du document sur les indicateurs colorés (p23-24).

Matériel et produits :
- HCl
- $Mg(OH)_2$
- 1 tube à essai
- 1 pipette
- 1 berlin avec de l'eau
- bleu de bromothymol

Mode opératoire :

- Verser à l'aide de la pipette 3 gouttes de bleu de bromothymol dans le tube à essaie
- Rincer la pipette dans le berlin d'eau
- Verser 1 cm^3 de HCl dans ce tube à essaie
- Rincer la pipette dans le berlin d'eau
- Mettre 10 gouttes de $Mg(OH)_2$ dans la solution
- Observer la réaction

Schémas :



Observations :

La solution prend une couleure verte.

Conclusion :

Lorsqu'on met en présence ces 2 corps, l'un étant une substance acide, l'autre étant une substance basique. On obtient une substance de pH neutre (pH : 7)

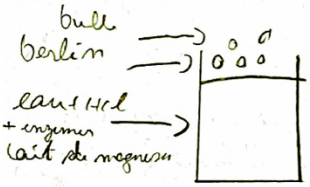
Marc :

- Imagine une expérience permettant de vérifier la réaction de neutralisation qui se produit dans l'estomac lorsqu'on met en présence ces 2 corps.
- Aide-toi du document sur les indicateurs colorés (p23-24).

Matériel et produits :
- eau
- acide chlorydrique
- Enzimes
- lait de magnesium
- berlin
- baguette en verre

Mode opératoire :
- melanger l'eau, l'acide Chlorydrique et les enzimes dans le berlin
- melanger a l'aide de la baguette en verre
- attendre
- ajouter le lait de magnésium

Schémas :



Observations :
des bulles se forment dans la solution en ajoutant le lait de magnesie la solution devient blanche

Conclusion :
quand on melange des solutions acides des bulles se forment

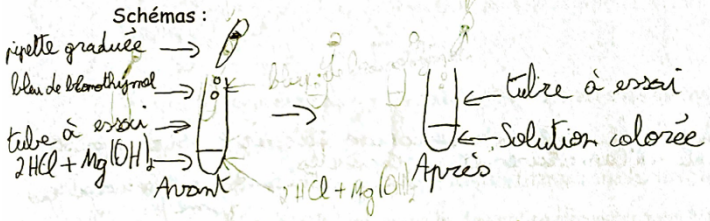
Thomas :

- Imagine une expérience permettant de vérifier la réaction de neutralisation qui se produit dans l'estomac lorsqu'on met en présence ces 2 corps.
- Aide-toi du document sur les indicateurs colorés (p23-24).

Matériel et produits :
- 2 pipettes graduées
- 2 tubes à essai
- porte tube à essai
- 1 berlin
- chlorure d'hydrogène
- lait de magnésie
- bleu de bromothymol

Mode opératoire :
- Verser un réactif dans chaque tube à essai
- Déposer 3 gouttes de bleu de bromothymol dans chaque tube coloré
- Observer le résultat
-
-

Schémas :



Observations :
La solution sera soit jaune, vert ou bleu

Conclusion :
- Si la solution est jaune alors le pH est entre 0 et 6
- Si la solution est verte alors le pH est à 7
- Si la solution est bleu alors le pH est entre 8 et 14

Annexe 21: Démarche d'investigation en électricité un an après le dispositif, données des élèves emblématiques de l'étude 3

Claire :

Voici une information trouvée sur internet et portant sur des notions d'électricité découvertes en 3e année.
Regarde attentivement la vidéo diffusée en classe et réponds aux questions suivantes.

1. Qu'observes-tu ? Qu'est-ce qui t'intrigue ? Quelles questions te poses-tu ?

La pièce placée autour des 4 fourchettes se touchant comment a tourner et celle-ci ne s'arrête pas. Ce qui m'intrigue : la pièce tourne à l'infini, comment cela est-ce possible ? Que produisent les piles pour influences la pièce.

2. ***Qu'est-ce que je sais déjà ?*** Pour analyser ce qui est montré dans cette vidéo, quels concepts d'électricité abordés l'année dernière utilises-tu ?

l'électromagnétisme.
les faces magnétiques.

3. Sur base de « ce que tu sais déjà », comment interprètes-tu ce que tu observes ?

Grâce au côté positif de la pile placé sur la fourchette, les 2 éléments métalliques vont est magnétiques entre eux et se toucher. La pièce au centre va donc bouger car de chaque côté du carré, les forces magnétiques produites par les piles sont =. C'est pourquoi la pile va tenir en équilibre et tourner sur elle-même. Elle est attirée de la même manière de tous les côtés.

4. Lors de l'observation de la vidéo et pour répondre à ces questions, as-tu utilisé une démarche apprise/un outil exploité l'année dernière ? Explique ta réponse en quelques mots.

oui, les pauses métacognitives. Cela me rappelle de ne pas aller trop vite dans ma démarche mais de bien réfléchir à ce que je connais déjà pour m'aider. Prendre le temps d'observer et d'interpréter la situation. Cette méthode m'aide.

Luc :

1. Qu'observes-tu ? Qu'est-ce qui t'intrigue ? Quelles questions te poses-tu ?

J'observe une pièce en métal entre des pôles et j'aimants qui tourne sans fin. Comment la pièce fait pour tourner comme ça ? Qu'est ce phénomène ?

2. ***Qu'est-ce que je sais déjà ?*** Pour analyser ce qui est montré dans cette vidéo, quels concepts d'électricité abordés l'année dernière utilises-tu ?

Je sais que 2 pôles différents s'attirent
Que l'électricité peut se propager dans les métaux

3. Sur base de « ce que tu sais déjà », comment interprètes-tu ce que tu observes ?

Je pense que la petite pièce est - et que vu que le pôle de côté + dispose son électricité dans les aimants comme + et - s'attirent la pièce est attiré par l'autre et donc tourne sur elle même sans fin.

4. Lors de l'observation de la vidéo et pour répondre à ces questions, as-tu utilisé une démarche apprise/un outil exploité l'année dernière ? Explique ta réponse en quelques mots.

Que + et - s'attirent et l'électricité se déplace dans les métaux

Marie :

1. Qu'observes-tu ? Qu'est-ce qui t'intrigue ? Quelles questions te poses-tu ?

La pièce se met à tourner sur elle-même. Je me demande comment est-ce qu'elle peut bouger sans aucun contact?

2. ***Qu'est-ce que je sais déjà ?*** Pour analyser ce qui est montré dans cette vidéo, quels concepts d'électricité abordés l'année dernière utilises-tu ?

Les charges électriques passent dans le métal.

3. Sur base de « ce que tu sais déjà », comment interprètes-tu ce que tu observes ?

Les charges " " des piles passent dans les couverts, qui sont également en métal.

4. Lors de l'observation de la vidéo et pour répondre à ces questions, as-tu utilisé une démarche apprise/un outil exploité l'année dernière ? Explique ta réponse en quelques mots.

Non désolée, mais j'appréciais quand même vos cours.

Thomas :

1. Qu'observes-tu ? Qu'est-ce qui t'intrigue ? Quelles questions te poses-tu ?

J'observe que la pièce tourne infiniment lorsque les piles touchent les fourchettes → champ magnétique. Comment l'énergie des piles va sur la pièce qui par ensuite il bouge.

2. ***Qu'est-ce que je sais déjà ?*** Pour analyser ce qui est montré dans cette vidéo, quels concepts d'électricité abordés l'année dernière utilises-tu ?

J'ai 2 hypothèse :
soit le champ magnétique se transmet via cette entre les fourchettes puis il se transmet sur la matière ou est posée la pièce

3. Sur base de « ce que tu sais déjà », comment interprètes-tu ce que tu observes ?

soit la vidéo est un montage car déjà si la matière où est posé la pièce est du bois l'énergie ne se transmet pas. La personne a donc juste fait un montage et a éteint les piles qd la pièce allait tombé

Question 3

4. Lors de l'observation de la vidéo et pour répondre à ces questions, as-tu utilisé une démarche apprise/un outil exploité l'année dernière ? Explique ta réponse en quelques mots.

non ; car la personne a juste fait un montage

Annexe 22: Réflexion de MONSIEUR E le 21 octobre 2022

Timestamp	Speaker	Verbatim
00:00:01 - 00:00:15	MONSIEUR A	Oui, donc, en fait, c'était peut-être avoir un petit feedback sur les premières pauses métacognitives que tu as vécues avec les élèves. Comment tu vois qu'ils réagissent ? Comment amènes-tu l'affaire et comment tu les vois évoluer, en fait, toi ?
00:00:15 - 00:00:24	MONSIEUR E	Donc, la première expérience a été assez longue à mettre en place parce que, déjà, au niveau de la feuille, il ne s'y retrouvait pas spécialement, je vais dire, dans la première partie ou la deuxième.
00:00:25 - 00:00:32	MONSIEUR E	Donc, on a dû réexpliquer plusieurs fois pour que ça se mette comme il faut.
00:00:32 - 00:00:34	MONSIEUR E	Et là, par contre, ça a pris du temps.
00:00:34 - 00:00:35	MONSIEUR E	La première, vraiment, ça a pris du temps.
00:00:35 - 00:00:36	MONSIEUR E	La deuxième, ça a été mieux.
00:00:37 - 00:00:43	MONSIEUR E	Maintenant, il y a toujours la même question qui se pose, c'est... « Moi, monsieur, je ne sais rien. »
00:00:44 - 00:00:48	MONSIEUR E	Si, donc là, ils doivent aller chercher dans leurs acquis des gens d'avant.
00:00:48 - 00:00:52	MONSIEUR E	Et ça, ça leur pose un réel problème à ce niveau-là, parce qu'ils ne savent pas vraiment ce qu'ils doivent mettre.
00:00:54 - 00:01:03	MONSIEUR E	Dur de trouver quelque chose qui est en relation évidemment avec le sujet donc ça leur pose un petit problème.
00:01:03 - 00:01:06	MONSIEUR E	Après émettre l'hypothèse ça je veux dire que ça passe.
00:01:07 - 00:01:09	MONSIEUR E	Et par contre la conclusion ça va beaucoup plus vite.

00:01:10 - 00:01:12	MONSIEUR E	Ça quand il doit faire de l'interprétation là ça passe.
00:01:12 - 00:01:13	MONSIEUR E	Je veux dire que, ça, ça va.
00:01:13 - 00:01:18	MONSIEUR E	C'est vraiment la première partie qui leur pose le plus de problèmes et c'est plus une question de temps qu'autre chose.
00:01:18 - 00:01:21	MONSIEUR E	Parce que c'est vrai que le temps qu'ils s'y mettent qu'ils cherchent un petit peu etc.
00:01:22 - 00:01:22	MONSIEUR E	Ça leur prend du temps.
00:01:22 - 00:01:25	MONSIEUR E	Mais sinon d'une manière générale, ça a l'air de bien se passer.
00:01:25 - 00:01:34	MONSIEUR E	Maintenant, les résultats, je n'ai absolument rien regardé à ce niveau-là, donc je ne sais pas du tout si c'est cohérent avec ce qu'on attend d'eux ou pas.
00:01:35 - 00:01:41	MONSIEUR E	Maintenant, quand on fait l'interprétation ensemble, les deux interprétations, quand on les a faites ensemble, il y en a plusieurs qui m'ont dit, ah ben tiens, ça correspond à ce que moi, j'avais fait.
00:01:42 - 00:01:46	MONSIEUR E	Ou moi, j'ai mis ça, j'ai dit, écoute, voilà, ça, c'est pas moi qui vais juger du travail qui a été fait.
00:01:46 - 00:01:49	MONSIEUR E	Donc, ça correspond à ce que, effectivement, on veut.
00:01:50 - 00:01:53	MONSIEUR E	Maintenant, voilà, l'interprétation, ça laisse un petit peu le choix.
00:01:54 - 00:01:54	MONSIEUR E	Oui, c'est ça.
00:01:54 - 00:01:55	MONSIEUR A	C'est lui qui interprète.
00:01:55 - 00:01:59	MONSIEUR E	Oui, bien sûr.

00:01:59 - 00:02:01	MONSIEUR A	Oui, mais donc, c'est ça.
00:02:02 - 00:02:08	MONSIEUR A	Oui, rassure-toi, la difficulté initiale, j'en discutais avec S, il l'a aussi, je l'ai aussi.
00:02:09 - 00:02:16	MONSIEUR A	Donc c'est vrai que c'est une grosse difficulté pour eux d'aller chercher ce qu'ils ont déjà vécu, finalement, pour exprimer de nouvelles hypothèses.
00:02:17 - 00:02:18	MONSIEUR E	Tout à fait, oui.
00:02:18 - 00:02:20	MONSIEUR E	En fait, ce qu'il y a, c'est qu'ils nous trouvent...
00:02:21 - 00:02:28	MONSIEUR E	Ils trouvent très difficilement une relation concrète entre les choses théoriques de sciences et ce qu'ils ont déjà vécu.
00:02:28 - 00:02:33	MONSIEUR E	Ils n'arrivent vraiment pas à faire le lien entre les deux.
00:02:34 - 00:02:37	MONSIEUR E	Et ça, ça peut être un entrainement aussi.
00:02:37 - 00:02:41	MONSIEUR E	Et tout ce qui est question de transfert est franchement lié à ça.
00:02:42 - 00:02:49	MONSIEUR E	Puisqu'on les met face à une situation nouvelle et ils doivent aller chercher un petit peu partout dans ce qu'ils savent, mettre différentes choses en relation.
00:02:50 - 00:02:51	MONSIEUR E	Ça, ça leur pose réellement un problème.
00:02:53 - 00:02:55	MONSIEUR E	On verra un petit peu si ça peut les faire évoluer.
00:02:55 - 00:02:57	MONSIEUR E	On verra ça, les résultats, au fur et à mesure de l'année.

Annexe 23: Réflexion de MONSIEUR A

Timestamp	Speaker	Verbatim
00:00:04 - 00:00:05	MONSIEUR A	réflexion intéressante.
00:00:06 - 00:00:20	MONSIEUR A	Donc nous avons des élèves, on constate que les élèves lors des pauses métacognitives ont vraiment du mal à exprimer ce qu'ils ont dans la tête pour arriver à produire l'hypothèse ou l'interprétation.
00:00:21 - 00:00:35	MONSIEUR A	Ce n'est pas tant l'hypothèse ou l'interprétation qui posent problème à la rédaction, mais c'est répondre surtout à la question Qu'est-ce que je sais déjà ?
00:00:35 - 00:00:46	MONSIEUR A	Alors une réflexion, ce serait peut-être d'aller mettre en parenthèse dans ce cadre de la question qu'est-ce que je sais déjà des exemples d'endroits finalement où ils ont déjà pu avoir l'information.
00:00:47 - 00:01:04	MONSIEUR A	On pourrait mettre peut-être expérience déjà vécue à l'école, expérience vécue à l'extérieur, ressenti dans la vie de tous les jours, cours, vu dans les semaines passées, mois passés, années passées, ce genre de choses.
00:01:05 - 00:01:05	MONSIEUR A	Ça, c'est un premier point.
00:01:07 - 00:01:24	MONSIEUR A	Alors, c'est intéressant aussi de constater que, de mon expérience, j'ai pu voir chez certains élèves, à ce moment-ci de l'année, donc ce sont des élèves qui me disent, quand je passe dans les bancs, qu'ils n'arrivent pas à écrire, c'est trop compliqué, il n'y a rien qui vient, ce n'est pas clair.
00:01:26 - 00:01:36	MONSIEUR A	Et puis, On va mener le débat, je vais lancer le débat avec les premiers élèves qui ont déjà pu peut-être écrire quelque chose.
00:01:37 - 00:01:47	MONSIEUR A	Et au cours de ce débat, des élèves se révèlent et finalement arrivent à exprimer oralement ce qu'ils ont dans la tête, même s'ils n'avaient pas réussi à l'écrire.
00:01:48 - 00:01:57	MONSIEUR A	Donc un élève qui a fait ça, je dis alors, je l'exprime, qu'il peut bien sûr compléter sa feuille avec ses idées, mais qui

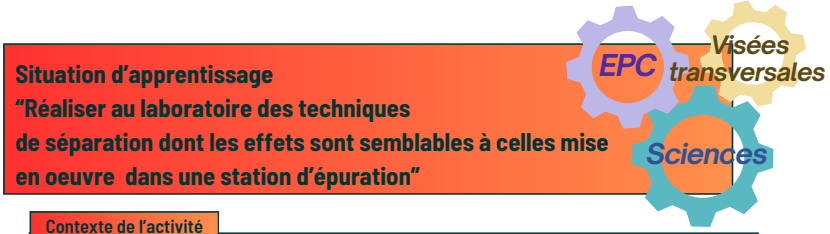
		changent peut-être de couleur par rapport à ce qu'il a déjà écrit.
00:01:57 - 00:02:02	MONSIEUR A	Comme ça, on sait que c'est dans un second temps.
00:02:04 - 00:02:04	MONSIEUR A	Ça, c'est une première chose.
00:02:04 - 00:02:06	MONSIEUR A	Une deuxième chose aussi, c'était intéressant.
00:02:07 - 00:02:22	MONSIEUR A	Un élève... Quand on fait la... la pause métacognitive au moment des facteurs influençant la pression hydrostatique, Pour lui, c'était évident qu'une hypothèse, c'était de... Oui.
00:02:23 - 00:02:27	MONSIEUR A	Pour lui, c'était évident qu'un facteur influençant la pression hydrostatique était la profondeur.
00:02:27 - 00:02:33	MONSIEUR A	Donc, la profondeur d'immersion, la hauteur de liquide.
00:02:34 - 00:02:40	MONSIEUR A	Donc, lui, il écrit, je pense que la profondeur influence la pression hydrostatique.
00:02:40 - 00:02:46	MONSIEUR A	Et l'explication de, finalement, ce qu'il a dans la tête, pour justifier cette hypothèse, il n'arrive absolument pas à l'écrire.
00:02:47 - 00:02:48	MONSIEUR A	Pour lui, c'est assez clair.
00:02:49 - 00:03:12	MONSIEUR A	Et en fait, lors du débat, lors de la discussion, eh bien, cet élève arrive à dire... Mais parce qu'on est en train de discuter tous ensemble, il arrive à dire que... En fait, son hypothèse, elle vient du fait qu'il a déjà vécu... C'est moi qui lui dis la question, mais comment est-ce que tu arrives à produire cette hypothèse-là ?
00:03:12 - 00:03:15	MONSIEUR A	Il me dit, oui, mais c'est parce que quand on va à la piscine, quand on va en profondeur, on a mal aux oreilles.
00:03:16 - 00:03:21	MONSIEUR A	Eh bien, en fait, c'est à ce moment-là qu'il vient d'exprimer ce que lui a déjà ressenti.

00:03:21 - 00:03:26	MONSIEUR A	Donc là, il vient d'exprimer une représentation qu'il a d'un vécu, d'une expérience personnelle qu'il a déjà vécue.
00:03:32 - 00:03:59	MONSIEUR A	Alors, un autre point intéressant qui a été discuté avec un collègue, c'est que lui, donc, au moment de ce partage des représentations et des hypothèses, il s'est rendu compte que des élèves étaient vraiment à côté de la plaque en termes de réponses, et que s'il n'avait pas discuté avec les élèves, s'il n'avait pas pris ce temps de pause avec eux pour mener un débat, pour réfléchir autour d'une situation, eh bien, il n'aurait pas su le réavancer dans le cours.
00:03:59 - 00:04:14	MONSIEUR A	Et si le fait que les élèves expriment et qu'il constate que certains élèves sont vraiment pas du tout dans le bon niveau des représentations, eh bien, il recadre son cours par la suite.
00:04:15 - 00:04:20	MONSIEUR A	Et ça, c'est très intéressant comme réaction directe, comme amélioration du cours.
00:04:22 - 00:04:25	MONSIEUR A	Alors, le dispositif jusque-là se passe bien.
00:04:27 - 00:04:35	MONSIEUR A	Finalement, on constate qu'à voir que les élèves prennent des habitudes pour rentrer dans les pauses, ça va de plus en plus vite.
00:04:37 - 00:04:42	MONSIEUR A	Il y a toujours cette forme d'opposition, un non encore,
00:04:42 - 00:04:42	MONSIEUR A	etc.,
00:04:42 - 00:04:44	MONSIEUR A	mais ils sont pas spécialement contraires.
00:04:45 - 00:04:47	MONSIEUR A	mais ils rentrent plus facilement dans les pauses.
00:04:49 - 00:04:53	MONSIEUR A	Alors... Oui, ça, c'est positif.
00:04:55 - 00:04:58	MONSIEUR A	Que dire de plus par rapport à ces pauses ?

00:04:59 - 00:05:00	MONSIEUR A	Oui, ça, c'est un porteur.
00:05:00 - 00:05:08	MONSIEUR A	Les discussions que j'ai avec les collègues ; eux sont contents du rendu.
00:05:09 - 00:05:12	MONSIEUR A	Ils prennent le temps de verbaliser.
00:05:12 - 00:05:13	MONSIEUR A	Ça, ça semble vraiment intéressant.
00:05:14 - 00:05:28	MONSIEUR A	Une autre réflexion ici, c'est cette idée que finalement, si les élèves n'arrivent pas à faire émerger leurs représentations, parce que c'est ça la question, qu'est-ce que je sais déjà, finalement on revient à parler des représentations initiales en sciences.
00:05:29 - 00:05:32	MONSIEUR A	et à la verbalisation, à l'expression de ces représentations initiales.
00:05:32 - 00:05:55	MONSIEUR A	Donc là, il y a vraiment (quelque chose d') intéressant comme point à creuser, le lien entre la didactique des sciences et la représentation, l'émission, la verbalisation des représentations, et la métacognition, et cette question de métacognition avec qu'est-ce que je sais déjà ?
00:05:56 - 00:05:57	MONSIEUR A	avant d'entamer la tâche.
00:05:57 - 00:05:58	MONSIEUR A	Donc ça c'est vraiment intéressant.
00:05:58 - 00:06:08	MONSIEUR A	Je pense que là on spécifie, on trouve un point spécifique au niveau de la métacognition qu'on peut aborder et qu'on va pouvoir développer.
00:06:10 - 00:06:13	MONSIEUR A	Mais l'autre remarque c'est finalement une difficulté.
00:06:13 - 00:06:20	MONSIEUR A	Est-ce que finalement les élèves qui ne sont pas davantage capables d'exprimer leur représentation, ce sont des élèves qui ont des connaissances mieux installées ?
00:06:22 - 00:06:42	MONSIEUR A	Donc des élèves qui auraient de meilleures connaissances ou en tout cas des connaissances mieux installées, qui maitrisent mieux, du coup pourraient plus facilement

		mobiliser ces connaissances, comme des représentations qu'ils ont, pour pouvoir améliorer, pour pouvoir proposer de nouvelles hypothèses.
00:06:43 - 00:07:02	MONSIEUR A	À l'inverse, des élèves qui ont de faibles connaissances, ou en tout cas qui ont des connaissances faiblement installées, et bien du coup, ne savent pas les mobiliser, Et du coup, vont faire référence à des représentations beaucoup plus initiales, beaucoup plus simples.
00:07:03 - 00:07:19	MONSIEUR A	J'ai constaté, par exemple, que certains élèves s'arrêtent à des explications très simples, et c'est moi qui leur dis, oui, mais la réponse que tu me dis là, tu aurais pu la donner en primaire.
00:07:20 - 00:07:22	MONSIEUR A	Maintenant, tu es en 3e secondaire, tu peux aller un cran plus loin.
00:07:22 - 00:07:44	MONSIEUR A	Et donc, ça, c'est intéressant de se rendre compte que, finalement, quand l'élève n'a pas Une hypothèse ici conforme, c'est que quand l'élève n'a pas de connaissances bien installées, il va faire... Il va faire... Il va rechercher des représentations simplistes qu'il a, mais qui proviennent de plusieurs années antérieures, à mon avis.
00:07:45 - 00:07:49	MONSIEUR A	Et donc, ça, c'est intéressant, la façon dont il mobilise, ça.
00:07:49 - 00:07:49	MONSIEUR A	Voilà.
00:07:50 - 00:08:01	MONSIEUR A	Voilà, ici, la réflexion au 8 novembre 2022.

Annexe 24: Situation d'apprentissage, intégrant les pauses métacognitives, intégrée dans le programme de S1 du Ségec



Situation d'apprentissage
"Réaliser au laboratoire des techniques de séparation dont les effets sont semblables à celles mise en oeuvre dans une station d'épuration"

Contexte de l'activité

Tous les jours, nous rejetons des eaux usées qui ne peuvent pas être mélangées à l'eau d'une rivière sans avoir été traitées. Les stations d'épuration permettent de filtrer les eaux usées afin de réduire leur impact sur l'environnement , en séparant les déchets qu'elles contiennent.
Au cours de cette activité, les élèves :

- analysent le fonctionnement d'une station d'épuration
- construisent un dispositif expérimental pour épurer une eau boueuse

Visées rencontrées au cours de cette activité

les élèves sont amenés à travailler :

- **Les visée 1 et 2 des sciences**
  - pratiquer des sciences
  - apprendre les sciences
- **les visées transversales**
  - apprendre à apprendre
  - développer une pensée critique et complexe
  - développer la créativité et l'esprit d'entreprendre
  - découvrir la diversité des métiers
- **Une visée de l'EPC**
  - s'inscrire dans la vie sociale et politique

Attendus d'apprentissage

Attendus de savoirs

- Citer des techniques de séparation en lien avec le quotidien et selon les enjeux environnementaux.
- Décrire une technique de séparation et préciser à quel type de mélange elle s'applique.

Attendus de savoir-faire

- Choisir et appliquer des techniques de séparation de mélanges pour en séparer les constituants (ex. : tri, aimantation, tamisage, décantation, filtration, évaporation, ...).

Attendu lié à la compétence

- Récupérer expérimentalement les constituants d'un mélange donné et expliquer la ou les techniques utilisées.

Durée de l'activité

Nombre de périodes :
Nombre d'attendus travaillés : 4 attendus

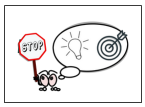
Prérequis

- Gestion de l'eau (mélange, eau potable et eau usée) (P3)
- Mélanges homogènes et hétérogènes (P5)

Séquence

Mise en situation :
Comment réaliser un dispositif expérimental représentant une mini station d'épuration pour clarifier une eau boueuse ?
les élèves observent deux berlins : le berlin A est rempli d'eau boueuse et granuleuses et le berlin B d'eau limpide

- **Question:**
  - **Comment rendre l'eau boueuse du berlin A aussi limpide que celle du Berlin B?**



Le professeur invite les élèves à faire une pause et répondre aux questions ci-dessous en complétant le document en annexe 1, afin de formuler adéquatement des hypothèses :
Qu'est-ce que je sais déjà ?
Comment atteindre mon objectif ?

En sous-groupe (2 ou 4), les élèves partagent leurs hypothèses et sélectionnent les hypothèses à vérifier

Exemples d'hypothèses émises pour clarifier l'eau boueuse :

- je pense que je peux utiliser un filtre à café
- je pense que en laissant décanter dans un récipient, je peux prélever le surnageant
- ...

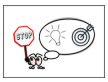
Séquence

Le professeur invite les élèves à étayer leurs hypothèses, en analysant des documents sur le fonctionnement d'une station d'épuration ou rencontrer une personne ressource, afin de mettre en évidence les différentes techniques utilisées dans une station d'épuration.

Après la lecture des documents, les élèves décident soit d'améliorer leurs hypothèses ou de les conserver.

Le professeur invite les élèves à faire une pause en complétant le document en annexe 1, afin d'améliorer les hypothèses.

En sous-groupe, les élèves imaginent et réalisent un dispositif expérimental simple reprenant plusieurs techniques, à partir du matériel mis à disposition (tout le matériel listé ne doit pas nécessairement être utilisé).



Le professeur invite les élèves à faire une pause en complétant le verso du document en annexe 1, afin d'interpréter les résultats.

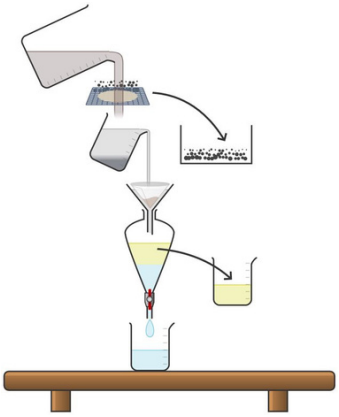
Les élèves comparent les résultats obtenus dans chacun des sous-groupes et déterminent les techniques les plus efficaces, pour obtenir l'eau la plus limpide possible.

En groupe classe, le professeur réalise une synthèse sur les différentes techniques utilisées à l'aide des fiches sur les techniques de séparation.

Matériel mis à disposition

un récipient contenant une eau boueuse et huileuse (terre, graviers, feuille, huile…)
un récipient contenant de l'eau limpide
4 béchers
ampoule à décanter
entonnoir
filtre café
tamis (grillage à poules)
billes
des graviers
du sable
aimant
source de chaleur

Dispositif expérimental possible



Pratique pédagogique utilisée

Cette situation d'apprentissage permet de **mettre en place de la différenciation pédagogique**

- Différenciation sociale (les élèves travaillent en sous-groupes et peuvent s'entraider)
- Différenciation par la tâche (les élèves réalisent des activités pratiques)
- Différenciation par le guidage (étayage)

Suggestions pour le professeur

Voici plusieurs exemples de ressources.
En fonction de l'aisance d'analyse des élèves, les documents à utiliser peuvent être plus ou moins complexes.

https://www.aquawal.be/BD-eau-Aquawal/assets/downloads/IPALLE-BD-Eau.pdf

https://www.aquawal.be/fr/bd-immersion-totale-a-la-decouverte-des-eaux-usees.html?IDC=725

https://www.aide.be/epuration/documents-utiles/83-demain-l-eau-est-dans-ma-nature/file

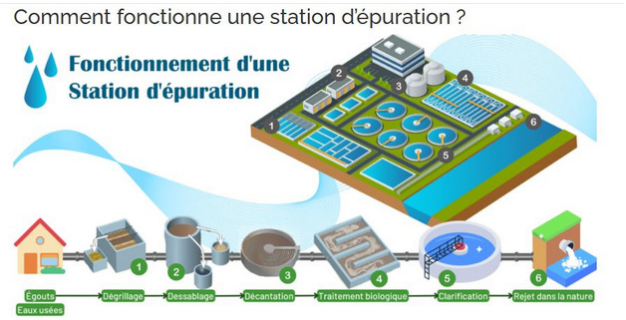
https://www.aide.be/epuration/documents-utiles/82-le-petit-livre-des-toilettes/file

https://www.aide.be/epuration/ouvrages-de-collecte-et-de-traitement/stations-d-epuration

https://www.cile.be/sites/default/files/2022-02/ST_ANS_151117_FR.pdf

https://www.aquawal.be/fr/comment-l-eau-est-elle-epuree-dans-une-step.html?IDC=587

Le fonctionnement d'une station d'épuration :
https://www.oryxeleven.com/assainissement/station-epuration/#:~:text=C'est%20une%20d%C3%A9cantation%20effectu%C3%A9e,rejet%C3%A9e%20dans%20le%20milieu%20naturel.



https://www.idea.be/fr/cycle-eau/assainissement-des-eaux-usees/comment-fonctionne-une-station-d-epuration.html

Annexe 1

Pour plus d'informations sur la métacognition et l'approche proposée pour la développer en sciences: *https://uclouvain-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/jerome_kariger_uclouvain_be/ES5dmFMmDPVDv6ugxiNcWIIB6N-JRlHqlejVjsmqEFN1WQ?e=JqwCR8*

Je me mets en pause métacognitive.

Mes gestes métacognitifs

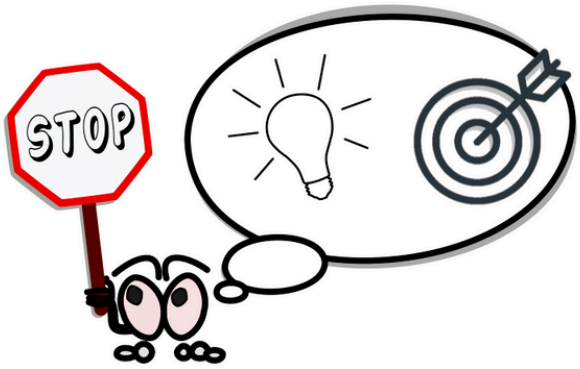
Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ? …… …… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.
Comment atteindre mon objectif ? Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?	- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante : …… - Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ». - Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.
Mes hypothèses Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Mes hypothèses améliorées A la suite de la recherche menée, mes hypothèses évoluent…	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Je me mets en pause métacognitive.

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?	- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ? Si non, quelles différences ai-je remarquées ? …… …… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte
Comment atteindre mon objectif ? Comment interpréter mes observations correctement ?	- Mon interprétation doit répondre à la question suivante : …… - Mon interprétation est construite à partir de mes observations. - Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques. - Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.
Mon interprétation Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…	…… …… …… Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte



This work is licensed under CC BY 4.0.

Le tamisage

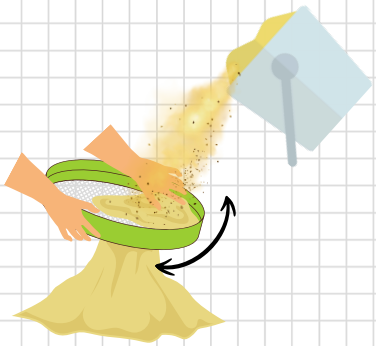
est une technique qui permet de séparer des substances solides de tailles différentes d'un mélange hétérogène à l'aide d'un tamis.

Description

Le tamisage consiste à faire passer un mélange à travers un tamis ou un réseau dont les mailles (ou les trous) ont une dimension précise.

En secouant ou en agitant le tamis, les grains plus petits passent à travers les mailles, tandis que les grains plus grands restent bloqués. Cela permet de séparer les solides selon leur dimension.

Illustration



Séparation de :

Solides-Solides

Vidéo

Mélanges hétérogènes

Grains de matière de dimensions différentes.

Applications

- Géologie :

Pour séparer le sable des graviers, et pour classifier des particules de sol selon leur dimension.

- Industrie alimentaire :

Pour tamiser la farine ou séparer des grains de céréales selon leur dimension.

- Pharmacie :

Pour la production de poudres homogènes.

- Laboratoires :

Pour les analyses granulométriques, où l'on étudie la distribution des dimensions de particules dans un échantillon.

Le tri/triage

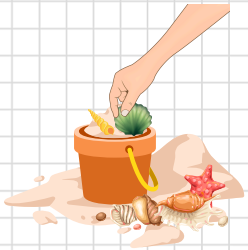
est une technique qui permet de séparer les constituants solides d'un mélange hétérogène à la main ou à l'aide d'une machine.

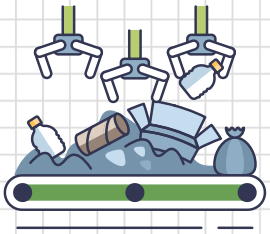
Description

Le triage est une méthode manuelle. Il s'effectue en fonction de caractéristiques physiques facilement observables, comme la taille, la couleur, la forme ou la texture des éléments.

On commence par observer le mélange pour identifier ce qui doit être séparés. Ensuite, on sépare les éléments à la main ou à l'aide d'outils simples, comme des pinces.

Illustration





Séparation de :

Solides-Solides

Vidéo jusqu'à 00:36

Mélanges hétérogènes

Solides de tailles/couleurs ... différentes.

Applications

- Tri des déchets :

Séparer le plastique, le métal, le papier et les autres types de déchets.

- Cuisine :

Enlever des impuretés visibles (comme des cailloux dans du riz ou des lentilles).

- Industrie agricole :

Séparer des grains ou des graines indésirables de ceux de bonne qualité.

- Orfèvrerie:

Séparer les pierres précieuses de dimensions différentes.

L'aimantation

est une technique qui permet d'attirer et d'isoler, à l'aide d'un aimant, des constituants d'un mélange hétérogène, comme le fer, les métaux ferreux, le nickel, le chrome, …

Description

On commence par approcher un aimant du mélange. Les particules magnétiques sont attirées par l'aimant et se collent à sa surface, tandis que les particules non magnétiques restent dans le mélange.

Une fois que l'aimant a attiré les particules magnétiques, on les retire du mélange, laissant derrière les composants non magnétiques.

Illustration

Séparation de :

Solides-Solides

Vidéo à partir de 00:36

Mélanges hétérogènes

Solides magnétiques.

Applications

- Recyclage des métaux :

Dans les centres de tri, les aimants sont souvent utilisés pour séparer les métaux ferreux des autres types de déchets.

- Industrie minière :

On utilise des aimants pour extraire des minerais magnétiques (comme la magnétite) des roches non magnétiques.

- Laboratoire :

Pour séparer de la limaille de fer d'autres solides comme le sable.

La décantation

est une technique qui permet de séparer les constituants d'un mélange hétérogène. La méthode consiste à laisser reposer ce mélange, les constituants se séparent en formant des couches.

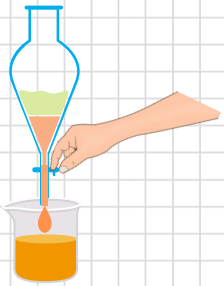
Description

On place le mélange dans un récipient transparent (ampoule à décanter). On laisse le mélange reposer.

Sous l'effet de la gravité, le composant le plus dense (lourd) descend et forme une couche inférieure, tandis que le composant le moins dense (lourd) reste au-dessus.

Une fois les couches distinctes, on peut séparer les composants.

Illustration



Séparation de :

Liquides-Solides
Liquides-Liquides

Vidéo

Mélanges hétérogènes

Matière avec des densités (masses différentes pour même volume) différentes.

Applications

- Décantation liquide-liquide :

Séparer de l'eau et de l'huile (deux liquides non miscibles avec des densités différentes) dans une ampoule à décanter.

- Décantation solide-liquide :

Dans le traitement de l'eau, où les particules de boue se déposent au fond, permettant de retirer l'eau en surface.

- Vinification :

Lors de la décantation du vin, on sépare les dépôts solides du liquide pour améliorer la qualité du vin.

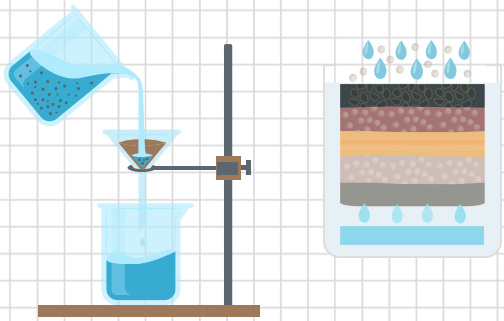
La filtration

est une technique qui permet de séparer le constituant solide d'un mélange hétérogène composé d'un solide et d'un liquide. Dans ce cas, le solide est retenu par un filtre.

Description

Le mélange à filtrer est versé dans le dispositif de filtration, qui contient un filtre adapté. Le liquide traverse le filtre tandis que les particules solides, trop grosses pour passer, sont retenues en surface ou dans le filtre.

Illustration



Séparation de :

Liquides-Solides
Gaz-solides

Vidéo

Mélanges hétérogènes

Solide de très petite taille dans un liquide ou un gaz.

Applications

- Traitement de l'eau :

Filtrer les impuretés solides (sable, particules en suspension) pour obtenir de l'eau plus pure.

- Cuisine :

Filtrer des jus ou des bouillons pour retirer les résidus solides.

- Laboratoire :

Séparer les précipités (solides) des solutions dans les expériences chimiques.

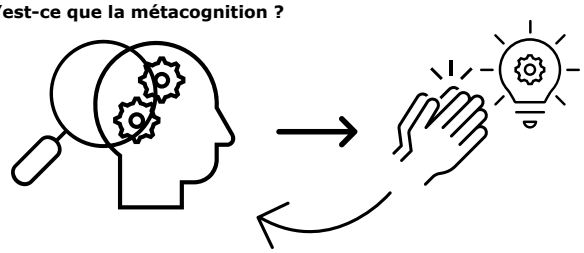
- Industrie pharmaceutique :

Filtrer les suspensions et solutions pour obtenir des liquides purs exempts de particules.

Annexe 25: Fiche méthodologique sur la métacognition réalisée pour accompagner le programme de S1 du Ségec

La métacognition en sciences

Qu'est-ce que la métacognition ?



La métacognition est composée de **deux facettes**, d'une part **le développement d'une connaissance de son propre fonctionnement**, de ses processus cognitifs. Typiquement, avoir conscience de la façon dont on fonctionne. Comment est-ce que je pense ? Quelle stratégie est-ce que j'utilise pour résoudre un problème ? Et cætera. D'autre part, la métacognition, une fois qu'on a conscience de son fonctionnement, c'est aussi **la mise en œuvre d'actions délibérées pour contrôler et réguler ses propres processus métacognitifs**. Par exemple, lors de la lecture d'un problème de physique, l'élève repère les informations essentielles dans un texte, il visualise la démarche à mener pour les exploiter ; au terme de la démarche, il évalue sa réponse et, si elle manque de cohérence, il est capable de mettre en œuvre une autre démarche de résolution. Une démarche métacognitive peut prendre place **à différents moments de la réalisation d'une tâche** (avant, pendant ou après).

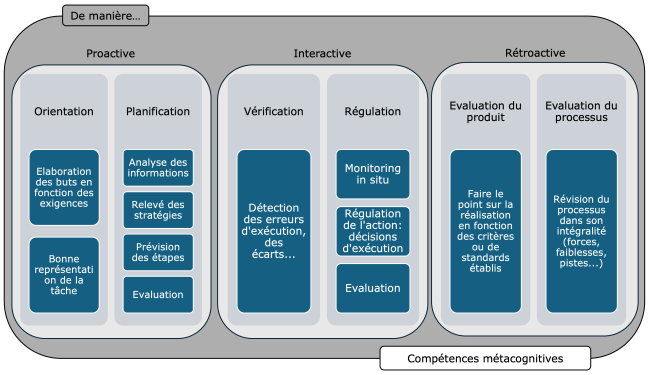


Figure 1 : Adapté d'un schéma des temps de mise en œuvre de démarches métacognitives (Colognesi & Van Nieuwenhoven, 2016)

Colognesi et Van Nieuwenhoven (2016) ont notamment réalisé un schéma montrant les différents temps auxquels peuvent prendre place des démarches métacognitives (cf. Figure 1). Par exemple, en fonction du moment dans la tâche, la démarche métacognitive peut consister en de la planification d'étapes à réaliser ou encore en une évaluation de la réponse rédigée. Une démarche métacognitive peut également **être enrichie en discutant de son propre fonctionnement avec d'autres personnes** et améliorer sa façon de faire grâce aux idées des autres.

La métacognition n'est ni réservée à un cours spécifique ni destinée à un public précis.

A quoi sert la métacognition en classe ?

« La métacognition suscite l'intérêt des chercheurs et des professionnels étant donné **sa place essentielle dans les apprentissages scolaires et la vie quotidienne** d'un individu. Elle le place en position d'**acteur, engagé et responsable, de ses actes**. » (Allix & al., 2023, p.2) En effet, il a été prouvé que la métacognition **améliore les performances scolaires des élèves, leur motivation, leur autonomie mais également leur pensée critique**. En ne citant que ces éléments, nous comprenons que développer la métacognition en classe s'intègre pleinement dans ce nouveau programme de sciences du tronc commun, pour développer la visée 1 et la visée 4 spécifiques aux sciences mais également les visées transversales (Apprendre à apprendre ; Développer une pensée critique et complexe ; Développer la créativité et l'esprit d'entreprendre ; Développer des projets personnels et professionnels : anticiper et poser des choix).

Comment mettre en place une démarche métacognitive ?

La littérature regorge de pistes pour aborder la métacognition de différentes manières. Par exemple, les Cahiers Pédagogiques proposent une démarche métacognitive pour « apprendre une leçon »[1]. L'*Education Endowment Fondation* (EEF) propose une « Boite à outils » dont le réseau Canopé propose une traduction « Métacognition et autorégulation Boite à outils pour l'enseignement et l'apprentissage »[2].

Partant de la didactique des sciences, Kariger et De Kesel (2023) proposent d'**intégrer la métacognition à la démarche d'investigation** pratiquée en classes de sciences. Ils proposent aux élèves de vivre des pauses métacognitives avant de produire une réponse lors de la phase d'**émission des hypothèses et** lors de la phase d'**interprétation** des observations ou des résultats. En menant ces deux pauses métacognitives, ils observent que les élèves prennent plus de temps pour réfléchir ce qui leur permet de mieux verbaliser leur pensée mais également que cela les aide, dans une certaine mesure, à faire preuve de davantage de pensée critique. Remarquons qu'**il n'est pas nécessaire de vivre**

[1] https://www.cahiers-pedagogiques.com/metacognition-et-reussite-des-eleves/

[2] https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nationale/CSEN_toolkit_EEF_metacognition_fr.pdf

une démarche d'investigation complète pour mener des pauses métacognitives.

La pause métacognitive qu'ils proposent est véritablement **un temps de pause dans la démarche menée avec les élèves**. Ils structurent la pause métacognitive par **deux questions** : « **Qu'est-ce que je sais déjà ?** » et « **Comment atteindre mon objectif ?** ». En se posant ces deux questions, l'élèves est encouragé à mobiliser soit ses représentations initiales soit les nouvelles informations découvertes lors d'un cours précédent, par exemple, pour construire ses hypothèses ou son interprétation.

Quel est le rôle de l'enseignant dans une démarche métacognitive ?

Les élèves utilisent rarement spontanément la métacognition. **Le rôle de l'enseignant est donc essentiel** en les y encourageant, en proposant une porte d'entrée à la démarche, en leur donnant le temps d'entamer la démarche.

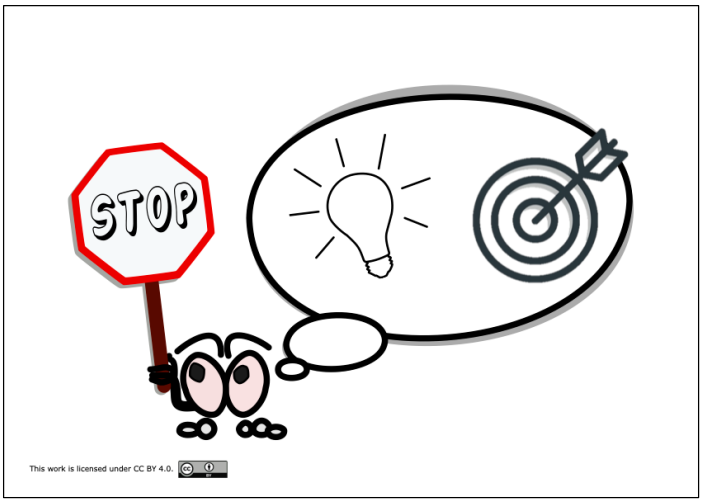


Figure 2: illustration de la mise en alerte pour débuter une pause métacognitive (Kariger & De Kesel, 2023)

Concrètement, avant d'émettre des hypothèses, **l'enseignant montre le dessin** ci-dessus à la classe. Ce dessin est la mise en alerte. **Il introduit la pause métacognitive**. Il est le point de départ de l'inhibition à vouloir apporter une réponse trop rapidement et encourage la réflexion pour produire une réponse plus structurée et précise. Le petit personnage tient un panneau STOP, cela signifie qu'il faut se mettre en alerte et que l'on va mettre en place des gestes métacognitifs. Dans la bulle du personnage, on voit les deux pictogrammes des deux questions à se poser. L'ampoule qui s'illumine : « Qu'est-ce que je sais déjà ? ». La cible atteinte par une flèche : « Comment atteindre mon objectif ? ».

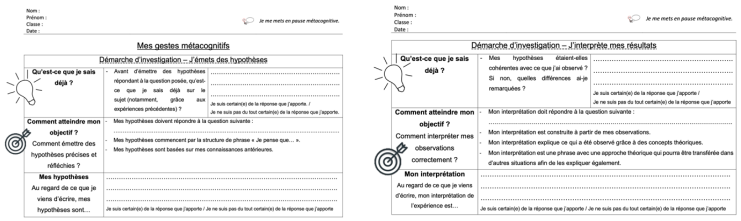
L'enseignant exprime à voix haute : « Stop ! **Je me mets en alerte. Je ne vais pas trop vite pour répondre. Je prends le temps de réfléchir.** Je ne fonce pas la tête la première pour répondre, je réfléchis avant d'agir pour proposer une réponse plus construite. »

En associant l'image à la parole, on renforce la mise en alerte et la mémorisation de cette étape-clé. L'idéal est que cette entrée en pause métacognitive soit répétée systématiquement afin que la démarche devienne un automatisme pour les élèves.

L'enseignant pose alors les deux questions oralement :

Qu'est-ce que je sais déjà ? Comment atteindre mon objectif ?

Il peut également aiguiller les élèves en posant des sous-questions : Qu'avons-nous vu la semaine dernière ? Dans le chapitre sur... qu'avons-nous appris ?...


Nom :
Prénom :
Classe :
Date :

Je me mets en pause métacognitive.

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation – J'émets des hypothèses

Qu'est-ce que je sais déjà ?
- Avant d'émettre des hypothèses répondant à la question posée, qu'est-ce que je sais déjà sur le sujet (notamment, grâce aux expériences précédentes) ?

Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte. /
Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte.

Comment atteindre mon objectif ?
Comment émettre des hypothèses précises et réfléchies ?
- Mes hypothèses doivent répondre à la question suivante :
- Mes hypothèses commencent par la structure de phrase « Je pense que… ».
- Mes hypothèses sont basées sur mes connaissances antérieures.

Mes hypothèses
Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont…

Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Nom :
Prénom :
Classe :
Date :

Je me mets en pause métacognitive.

Démarche d'investigation – J'interprète mes résultats

Qu'est-ce que je sais déjà ?
- Mes hypothèses étaient-elles cohérentes avec ce que j'ai observé ?
Si non, quelles différences ai-je remarquées ?

Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte /
Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Comment atteindre mon objectif ?
Comment interpréter mes observations correctement ?
- Mon interprétation doit répondre à la question suivante :
- Mon interprétation est construite à partir de mes observations.
- Mon interprétation explique ce qui a été observé grâce à des concepts théoriques.
- Mon interprétation est une phrase avec une approche théorique qui pourra être transférée dans d'autres situations afin de les expliquer également.

Mon interprétation
Au regard de ce que je viens d'écrire, mon interprétation de l'expérience est…

Je suis certain(e) de la réponse que j'apporte / Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte

Figure 3: Documents pour garder des traces lors des pauses métacognitives (Kariger & De Kesel, 2023)

Les élèves ont alors quelques minutes pour réfléchir aux réponses à fournir à ces deux questions. **Ils y répondent à l'écrit** (cf. Figure 3) **ou oralement**. Idéalement, il est intéressant d'en garder une trace. Après avoir répondu à ces deux questions, les élèves réalisent alors réellement l'étape de la démarche d'investigation en proposant une ou plusieurs **hypothèses** ou **interprétations**. Une fois que chaque élève a pu répondre à ces questions de façon individuelle, il est alors important de permettre **le partage des idées avec les autres élèves** de la classe. Le rôle de **l'enseignant y est essentiel pour réguler les idées, les questionner, les mettre en débat**. L'enseignant doit veiller à donner un cadre respectueux et sécurisant pour que chacun puisse s'exprimer librement.

Quel est le rôle de l'élève dans une démarche métacognitive ?

Pour vivre une telle démarche, l'élève doit se sentir en sécurité de **s'exprimer sans jugement**. Toute réponse est enrichissante, seule l'absence de réponse n'est pas constructive. La démarche métacognitive est coûteuse cognitivement. Cela demande de l'**énergie** et de la **concentration**. L'élève doit s'engager dans la démarche pour que cela lui soit le plus profitable.

Les sources utilisées et de lecture pour aller plus loin :

Allix, P., Lubin, A., Lanoë, C. & Rossi, S. (2023). Connais-toi toi-même : une perspective globale de la métacognition. *Psychologie française, 68* (3), 451-469. https://doi.org/10.1016/j.psfr.2022.08.002

Colognesi, S. & Van Nieuwenhoven, C. (2016). La métacognition comme tremplin pour l'apprentissage de l'écriture. In S. Cartier & B. Noël (Eds.), *De la métacognition à l'apprentissage autorégulé* (pp.111-126). De Boeck. https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal%3A176869/datastream/PDF_01/view

Houdé, O. & Borst, G. (2022). *Le cerveau et les apprentissages*. Nathan.

Kariger, J. & De Kesel, M. (2023). Analyse de l'influence de pauses métacognitives sur l'évolution de compétences critiques développées dans le cadre de l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation. *Recherche en didactique des sciences et des technologies,* (28), 75-114. https://doi.org/10.4000/rdst.5166

Potvin, P. (2018). *Faire apprendre les sciences et la technologie à l'école*. Presses de l'Université Laval.