



RDST

Recherches en didactique des sciences et des technologies

28 | 2023

Esprit critique et enseignement des sciences et des technologies

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

Analysis of the influence of metacognitive moments on the evolution of critical skills developed in inquiry-based science education

Jérôme Kariger et Myriam De Kesel



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/rdst/5166>

DOI : 10.4000/rdst.5166

ISSN : 2271-5649

Éditeur

ENS Éditions

Édition imprimée

Pagination : 75-114

ISSN : 2110-6460

Ce document vous est offert par Université catholique de Louvain



Référence électronique

Jérôme Kariger et Myriam De Kesel, « 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* [En ligne], 28 | 2023, mis en ligne le 01 janvier 2024, consulté le 23 janvier 2024. URL : <http://journals.openedition.org/rdst/5166> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/rdst.5166>



Le texte seul est utilisable sous licence CC BY-NC-ND 4.0. Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont « Tous droits réservés », sauf mention contraire.

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

Jérôme Kariger

Université Catholique de Louvain, Cripedis, Belgique

Myriam De Kesel

Université Catholique de Louvain, Cripedis, Belgique

Résumé : La pensée critique, essentielle pour faire face aux *fake news* pouvant surgir au détour d'une page internet, est considérée comme une compétence du *xxi^e* siècle. Or, dans l'enseignement secondaire, le manque d'esprit critique des élèves reste bien présent. Dans cette recherche exploratoire, nous choisissons de travailler la pensée critique selon deux axes : didactique avec la démarche d'investigation 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 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.

Mots-clés : métacognition, didactique, sciences, enseignement, raison

Analysis of the influence of metacognitive moments on the evolution of critical skills developed in inquiry-based science education

Abstract: Critical thinking, which is essential for dealing with fake news that can appear on a web page, is considered a 21st century skill. However, in secondary education, the lack of critical thinking skills among students is still very present. In this exploratory research, we choose to work on critical thinking according to two axes: didactic with the investigative approach as an invariant and pedagogical with the insertion of metacognitive pauses. The tested device is integrated into the general science course at the beginning of education level 3 (14-15 year old students), specifically during the learning outcome unit on fluid physics. This device integrates metacognitive pauses during specific phases of the different investigative steps carried out during the learning sequence. At the end of this experiment, it was found that, for the students who performed best on the Cornell Critical Thinking Test (CCTT), the evolution of the deduction skill was positively correlated to the number of metacognitive pauses experienced. Furthermore, we found that the results obtained on the certificate test concerning a more complex investigative process are positively correlated to this number of pauses. We maintain that the implementation of two metacognitive pauses (prior to the hypothesis generation and interpretation phases) in the investigation process should be encouraged. In order to improve the device and increase the development of critical skills, varying the implementation of metacognitive breaks, working on them over a full school year and/or teaching students to exercise their inhibitory control would contribute to this.

Keywords: metacognition, didactics, sciences, teaching, reasoning

Introduction

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 décret du Code de l'enseignement fondamental et de l'enseignement secondaire (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2019) et le futur référentiel de sciences (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2022) mettent précisément en exergue l'importance de faire acquérir cette compétence. En effet, la pensée critique, de plus en plus importante pour faire face aux *fake news* pouvant surgir au détour d'une page internet (Domenjoz, 2018; Pereira, 2019), est considérée comme l'une des compétences essentielles du *xxi^e* siècle (Schleicher, 2012). 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 anglo-saxons au travers du courant du *Critical Thinking* initié par Dewey (Cospérec, 2018), en revanche, dans les pays francophones, ce courant, bien que de plus en plus prescrit depuis

les années 1980 (Feuerstein cité dans Fastrez & Philippette, 2017), y est actuellement peu appliqué. Dans l'enseignement secondaire, le manque d'esprit critique des élèves reste dès lors bien présent. Or, le développement de la pensée critique est à envisager tout au long de la scolarité (Bächtold, 2021) et en lien avec les différentes compétences à exercer en fonction des capacités cognitives des élèves.

L'enquête que nous avons menée auprès d'enseignants en Belgique francophone fin 2020, a mis en exergue que près de 99 % d'entre eux considèrent que la pensée critique est indispensable au quotidien dans nos vies. Ils ne sont plus que 38 % à penser que leurs élèves font preuve de pensée critique au quotidien tandis que 59 % des enseignants interrogés estiment que leurs élèves font preuve de pensée critique au sein de leurs cours. Que font ces enseignants en classe pour favoriser la mise en œuvre d'une pensée critique transférable chez leurs élèves? Une des participantes de cette enquête, qui spécifie porter une grande attention au développement de la pensée critique de ses élèves, nous explique qu'elle profite de son cours de sciences pour amener des questions socio-scientifiques en lien avec l'actualité et susciter le questionnement et le débat de façon informelle. Comment rendre cette démarche formelle de façon à ce que chaque élève puisse développer cette compétence et que cela ne tienne pas à la motivation seule de l'enseignant? Que développer en classe pour que les élèves puissent transférer ces capacités et attitudes et en fassent davantage preuve au quotidien? Se pencher sur la question du développement de la pensée critique dans l'enseignement francophone belge et en particulier dans l'enseignement des sciences se justifie donc pleinement.

La pensée critique peut être abordée selon différents angles, par exemple selon une approche liée aux émotions (Lafortune & Robertson, 2005), au travers de réflexions pédagogiques générales (Pasquinelli & Bronner, 2021) ou encore liée à la prise de décision spécifique (Lechasseur, 2009). Dans notre démarche de recherche, nous choisissons de travailler la pensée critique selon deux axes : didactique avec l'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (ESFI) comme invariant et pédagogique avec l'insertion d'activités métacognitives.

Le développement de la pensée critique est mis en lien avec une méthode à respecter : observer, expliquer, évaluer, argumenter, inventer (Zimmermann, Pasquinelli & Farina, 2017). Cette méthode fait directement écho à l'ESFI ainsi qu'à une approche socioconstructiviste (Monvoisin, 2007; De Vecchi, 2017) : le développement de la pensée critique s'opère au travers de la mise en action de l'apprenant et des conflits cognitifs avec ses pairs, notamment lorsque les élèves confrontent et s'explicitent mutuellement leurs hypothèses, les raisonnements tenus pour tester leurs hypothèses et les interprétations de leurs résultats.

Selon Hartman (1998), la métacognition (c'est-à-dire la capacité de réfléchir sur ses propres processus de pensée, voir plus loin) a des effets sur l'apprentissage, la pensée critique et la résolution de problèmes. Selon Pallascio, Benny et Patry (cités dans Broyon, 2006), le fait de développer des habilités métacognitives concourt au développement de la pensée critique; selon les auteurs, la pensée critique se développe sur base des contenus d'une discipline ou de façon transversale. Or, la compréhension de la démarche mentale employée, la démarche métacognitive, est indispensable pour maîtriser ces contenus. Ainsi, ils estiment que la démarche métacognitive est liée au développement de la pensée critique. Des recherches concernant la métacognition

et l'autorégulation chez des élèves du 3^e degré de l'enseignement secondaire et des étudiants dans l'enseignement supérieur de type court ou long (Colognesi & Van Nieuwenhoven, 2016; Escorcía & Fenouillet, 2018; Jackson, Kleitman & Aidman, 2014) ont mis en exergue le lien ténu qui les lie : la métacognition permet une prise de conscience des mécanismes engagés et le développement de compétences permettant l'autorégulation, le transfert et l'accès à l'autonomie. Malgré le rôle important de la métacognition pour le développement de la pensée critique, comme susmentionné, aucune étude, à notre connaissance, ne s'est penchée sur ce lien précis.

Notre regard se porte à l'intersection de ces différentes approches croisant le développement de la pensée critique avec l'ESFI et la métacognition dans le contexte du public cible.

Dans les cours de sciences, lorsque les élèves sont amenés à investiguer, comment leur apprendre à systématiquement 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? Quelles didactiques doit mettre en œuvre l'enseignant pour favoriser le développement de la pensée critique chez des jeunes de 15 ans? Quelles pratiques favoriser pour qu'ils réfrènt leurs raisonnements intuitifs et deviennent plus critiques?

Dans ce cadre, nous avons opté pour mener une recherche exploratoire qui se focalise sur l'analyse des effets potentiels qu'auraient des activités métacognitives ciblées sur le développement de la pensée critique et dont la question centrale 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?

1. Cadre théorique

1.1. Pensée critique

Selon Boisvert (2015), l'esprit critique relève d'une certaine posture intellectuelle, d'un certain état d'esprit à adopter, d'une certaine attitude. La pensée critique est quant à elle la réunion de cette attitude (l'esprit critique) et d'un ensemble de capacités qui permettent de mener la critique correctement. La pensée critique peut prendre de multiples définitions, chacune mettant l'accent sur une facette pour expliciter ce concept. Loin d'être exhaustifs, nous présentons ici les définitions qui permettent de cadrer au mieux le dispositif développé. Ainsi, pour Ennis, « *Critical thinking is reasonable reflective thinking focused on deciding what to believe or do* »¹ (Ennis, Millman & Tomko, 2005, p.1; Ennis, 2015, p.1). Cette première définition présente la pensée critique comme une analyse réflexive permettant de prendre une décision. Avec une conception proche, Paul et Elder (2008) proposent que la pensée critique permette

1. « La pensée critique est une réflexion raisonnable visant à décider de ce qu'il faut croire ou faire » (notre traduction).

d'analyser et d'évaluer sa pensée ou la pensée de chacun en vue de l'améliorer. Ces deux premières définitions font écho à la métacognition que nous proposons de mettre au cœur de notre dispositif. La pensée critique cible des problèmes spécifiques, elle permet d'éprouver des idées et des solutions, elle permet d'examiner la validité d'hypothèses, elle permet d'interpréter la signification de résultats de recherche (American Psychological Association, 2018). Dans cette autre définition, nous retrouvons des compétences développées au travers des cours de sciences (Fédération Wallonie-Bruxelles, 2013), comme examiner des hypothèses ou interpréter des résultats, mais aussi au cœur de l'ESFI. Pour Fastrez et Philippette (2017), la pensée critique est une «dynamique de décentration et d'articulation de différents points de vue sur un sujet complexe» (Fastrez & Philippette, 2017, p. 90). Comme le souligne Boisvert (2015), pensée critique et pensée réfléchie sont apparentées; il reprend les pensées de Dewey comme suit :

Ce qui caractérise essentiellement la pensée réfléchie est le fait de douter, de se refuser à conclure de manière hâtive, et de continuer la recherche de manière systématique. La pensée réfléchie suppose la suspension du jugement : selon lui, cette attitude «de la conclusion suspendue» constitue, avec la maîtrise des diverses méthodes d'investigation, le facteur le plus important dans les habitudes de pensée (Boisvert, 2015, p. 4).

Ennis (2015) et Paul *et al.* (1989) proposent des capacités, des stratégies propres au penseur critique. Dans le *Cornell Critical Thinking Test* (Ennis, Millman & Tomko, 2005), les auteurs proposent des sous-catégories à la compétence de pensée critique : l'induction, la déduction, les observations, la crédibilité et les hypothèses (cf. annexe 4).

Paul et Elder (2008) proposent également leurs compétences pour faire preuve de pensée critique. Allant plus loin qu'une liste de compétences, ils dessinent déjà une démarche à suivre pour mettre en œuvre sa pensée critique.

Gagnon (2008) considère que l'argumentation et la pensée critique sont étroitement liées. L'argumentation permet aux individus d'échanger des idées et des points de vue, de débattre des problèmes, d'examiner les faits et les preuves et d'arriver à des conclusions raisonnées. La pensée critique permet aux individus d'examiner les idées et les preuves de manière rationnelle, d'analyser des problèmes de manière systématique, de reconnaître des biais cognitifs et de formuler des jugements raisonnés. Enfin, Facione (1990) a mené une démarche particulière (*Delphi Method*) afin d'établir, avec un certain consensus d'experts, une définition de la pensée critique. Dans son rapport, il relève des compétences et sous-compétences cognitives liées à la pensée critique ainsi que des dispositions du penseur critique.

The ideal critical thinker is habitually inquisitive, well-informed, trustful of reason, open-minded, flexible, fair-minded in evaluation, honest in facing personal biases, prudent in making judgments, willing to reconsider, clear about issues, orderly in complex matters, diligent in seeking relevant information, reasonable in the selection of criteria, focused in inquiry, and persistent

*in seeking results which are as precise as the subject and the circumstances of inquiry permit*² (Facione, 1990, p. 3).

Les compétences multiples liées à la pensée critique sont donc susceptibles d'être travaillées dans différentes unités d'enseignement et notamment lors d'un ESFI au cours duquel les compétences telles que l'émission d'hypothèses, l'observation, l'induction, la déduction, l'interprétation de faits, le débat d'idées et de points de vue et la formulation de conclusions raisonnées, sont exercées.

1.2. L'enseignement des sciences fondé sur l'investigation (ESFI)

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 & 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. Notre attention se portera plus spécifiquement sur deux d'entre eux : ce que l'enseignant fait et ce que font les élèves, 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 leur laissant plus d'autonomie (Boilevin, 2013a; Calmettes, 2012) et en multipliant les situations d'exercer des compétences telles 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 comme une démarche 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

-
2. *«Le penseur critique idéal est habituellement curieux, bien informé, rationnel, ouvert d'esprit, flexible, impartial dans ses évaluations, honnête face à ses biais personnels, prudent dans ses jugements, prêt à reconsidérer, lucide sur les enjeux, méthodique dans le traitement des questions complexes, diligent dans la recherche d'informations pertinentes, raisonnable dans la sélection des critères, concentré dans ses recherches et persévérant dans la recherche de résultats aussi précis que le permettent le sujet et les circonstances de la recherche» (notre traduction).*

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 ses 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 constructiviste de Verhaeghe et al. (2004). Une telle démarche est idéale. 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 de la compréhension à atteindre.

La DI est une démarche préconisée par les programmes de sciences (Fédération de l'enseignement secondaire catholique, 2014a, 2014b). En Belgique francophone, c'est la DI telle que schématisée ci-dessous (ASBL Hypothèse, 2016) qui est préconisée par les référentiels. Cette représentation schématique de la DI, bien que présentée de façon linéaire, met en lumière les aller-retours que l'on peut faire entre les différents temps de la DI.

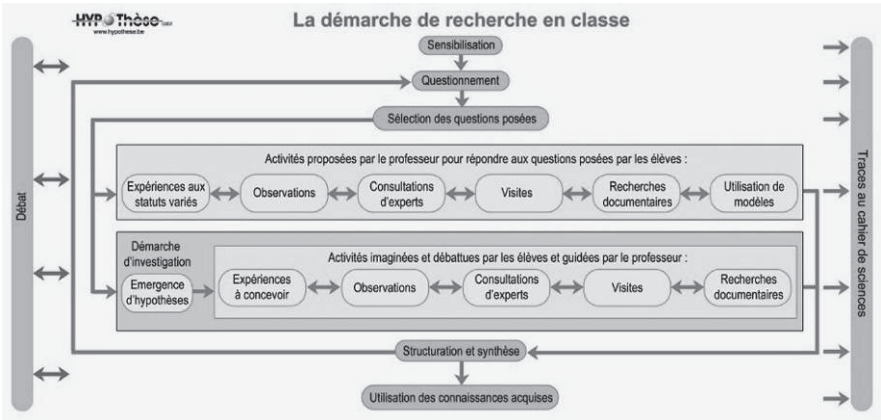


Figure 1 La démarche de recherche en classe (ASBL Hypothèse, 2016)

Sous-jacentes à ces différentes DI et de mise en situation des élèves, les compétences clés suivantes peuvent être systématiquement mobilisées : la formulation de questions, l'émission d'hypothèses, l'observation et la déduction de concepts. Au regard de ce qui a été précédemment souligné lors de la discussion des compétences liées à la pensée critique, on constate que ces compétences se recoupent et peuvent être similaires à plusieurs niveaux : les éléments de la pensée de Paul et Elder (2008) se retrouvent dans les différentes étapes d'une DI.

Dans une situation spécifique, mener une DI nécessite la mise en œuvre d'une pensée critique afin de formuler une réponse raisonnée et réfléchie.

De ces concepts-clés, le modèle suivant a été proposé aux élèves durant la recherche et l'enseignante stagiaire a cherché à approcher au mieux les différentes étapes citées lors de la création de sa séquence de cours. En effet, il n'est 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'authenticité³ afin de prendre conscience du niveau de complexité atteint réellement au travers d'une démarche.

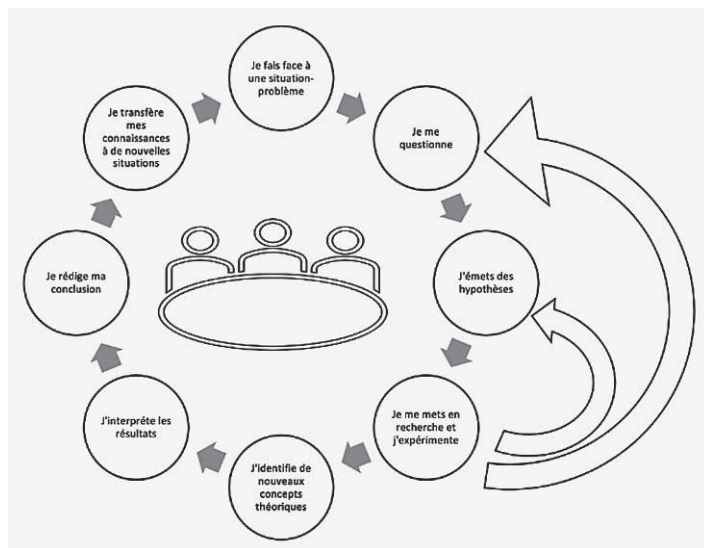


Figure 2 Modèle de la DI appliquée durant la recherche

1.3. Métacognition

Depuis la première définition proposée par Flavell en 1976, «la métacognition se rapporte, entre autres choses, à l'évaluation active, à la régulation et l'organisation de ces processus en fonction des objets cognitifs ou des données sur

3. 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.

lesquelles ils portent, habituellement pour servir un but ou un objectif concret» (Flavell cité dans Vitale, 2015, p. 44). Le concept de la métacognition a été affiné au fil du temps par des experts qui se sont penchés sur la question. Noël a ainsi pu la formuler en 1997 comme étant :

— 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).

Nous en retenons que la métacognition est composée de deux facettes, d'une part le développement d'une connaissance de son propre fonctionnement, de ses processus cognitifs, d'autre part la mise en œuvre d'actions délibérées afin de contrôler et réguler ses propres processus cognitifs.

La mise en œuvre d'une démarche métacognitive peut ainsi prendre plusieurs formes, être développée à différents moments d'un dispositif.

Selon Noël et Leclercq (2011) ou encore Colognesi et Van Nieuwenhoven (2016), une démarche métacognitive peut prendre place avant la mise en situation (ex : une auto-question pour mettre en évidence ses connaissances initiales), pendant la problématique (ex : une auto-évaluation de la réponse construite en proposant un degré de certitude) ou après la résolution du problème (ex : une auto-évaluation de la production et réflexion sur des actions de régulation).

De plus, une démarche métacognitive peut 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.

Romainville (2007) 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 ». Par ailleurs, Frenkel et Déforge (2014) précisent que plusieurs études ont notamment démontré que travailler la métacognition en classe donnait plus de chances de réussites aux élèves.

Enfin, dans le contexte spécifique du cours de sciences, comme le souligne Viennot (1996), 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 socio-cognitif entre pairs mais également via des actions métacognitives spécifiques (comme le questionnement menant à la verbalisation des conceptions initiales).

2. Méthodologie

En amont de cette recherche, une enquête a été menée auprès de plus de 250 enseignants francophones de Belgique. Cette enquête nous a permis, entre autres, de confirmer l'intérêt de rechercher et mettre en évidence les moments clés d'une séquence d'apprentissage en sciences susceptibles de constituer des leviers pour développer la pensée critique des élèves. Le détail de nos hypothèses est présenté par la suite.

2.1. Participants à l'étude

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 3^e bac à l'école normale. 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'UUA2⁴ de physique portant sur la physique des fluides (Fédération de l'enseignement secondaire catholique, 2014b).

Les séquences d'enseignement construites ont été dispensées dans trois classes d'élèves ayant l'option Sciences générales, soit un cours de sciences à raison de cinq heures par semaine. Ces trois classes ont testé le dispositif imaginé avec des variables différentes mises en œuvre entre chacune des classes (cf. tableau 1); elles 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 de la dispense des cours par l'enseignante stagiaire, l'enseignant chercheur a pu prendre de la distance par rapport au dispositif et observer sa mise en œuvre (depuis le fond de la classe), ce qui a facilité 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).

4. Le cours est structuré en différentes unités d'acquis d'apprentissage, correspondant chacune à un thème à aborder.

2.2. Présentation du dispositif et des outils didactiques

Le dispositif didactique (tableau 1) 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 1 Déroulement du dispositif didactique et groupes participant à la recherche

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

En guise de prétest et post-test, chaque élève de chaque classe est amené à répondre par écrit au *Cornell Critical Thinking Test* (CCTT) conçu notamment par Ennis (Ennis, Millman & Tomko, 2005). Le CCTT est un test validé évaluant la pensée critique qui a été construit pour être exploité dans un contexte scolaire. Ce test étant rédigé en anglais, il a été traduit et validé en français selon une adaptation d'une méthode proposée par Vallerand (1989). 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. Plusieurs analyses ont été réalisées. La corrélation entre l'évolution des résultats obtenus au CCTT en pré- et post-test et les activités vécues par les élèves de ces trois classes a été analysée. Les résultats obtenus 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. L'exercice de transfert prend place dans une évaluation globale du chapitre; il consiste en la résolution d'un problème numérique comparable à la DI de transfert «La maison volante» à la différence près que cet exercice est réalisé seul et qu'il n'est pas structuré par les différentes étapes de la DI. Enfin, l'évaluation *a posteriori* est un questionnaire soumis aux élèves afin de collecter leurs impressions sur le dispositif vécu. L'ensemble des outils est présenté en annexe (cf. annexe 2).

Après la passation du pré-test, les élèves des trois classes ont vécu cinq DI successives en physique des fluides, en particulier sur la poussée d'Archimède. Selon l'échelle d'authenticité d'une DI proposée par Cariou (2010), il nous semble que plus une démarche répond aux différents critères proposés, plus elle sera complexe pour les élèves. En effet, elle nécessitera que ceux-ci

fassent preuve de davantage de créativité, d'exactitude, d'ouverture d'esprit mais également d'autonomie pour réaliser les différentes étapes de la DI, pour résoudre des conflits socio-cognitifs et pour produire, sans aide extérieure, les conclusions attendues. Au regard de cette échelle, des scores pour chacune des activités vécues ont été attribués entre quatre sur dix et dix sur dix. Le détail de ces DI est présenté en annexe I.

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 3).

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 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 attitudes 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 4), en leur disant de prendre le temps de réfléchir. Nous proposons une pause métacognitive de

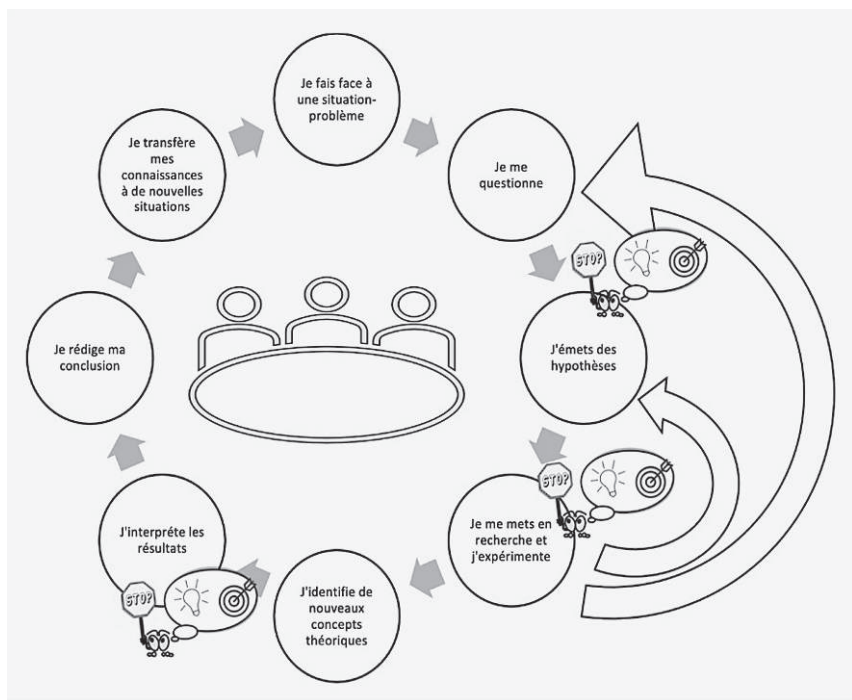


Figure 3 Les compétences de la DI travaillées lors des moments de pauses métacognitives choisies

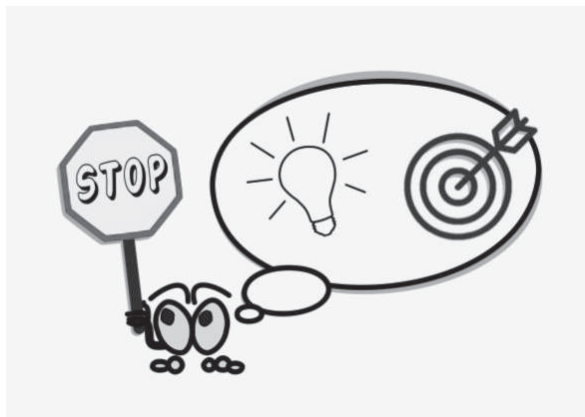


Figure 4 Pictogramme symbolisant la mise en place d'une pause métacognitive

Source : Pixabay

manière proactive (Colognesi, 2015). Chaque pause métacognitive est structurée par deux «prompts métacognitifs» (Colognesi & 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.

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 entraînés 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.

Dans un souci éthique, nous précisons que, au terme du dispositif, les élèves du groupe contrôle ont été également entraînés à l'activation de pauses métacognitives. De plus, les prompts métacognitifs structurant chaque pause ont continué à être employés dans chaque groupe jusqu'en fin d'année mais sans les formaliser.

3. Résultats

Afin de recueillir les données permettant l'analyse du dispositif, plusieurs outils de collecte de données ont été créés (le *Cornell Critical Thinking Test* traduit en français, un document à compléter lors de chaque pause métacognitive, un document spécifique détaillant la tâche «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) (cf. annexe 2).» 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. Le développement 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.

3.1. 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. tableaux 2 et 3) présentent une comparaison des résultats au CCTT entre le pré-test et le post-test pour chaque groupe expérimental. Le tableau 3 présente la comparaison des résultats au CCTT entre le pré-test et le post-test pour l’ensemble de l’échantillon.

Tableau 2 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 3 Analyse descriptive du CCTT en prétest et post-test

		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 tableaux 2 et 3), 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 4), 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 H_1 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 : H_0 , les résultats des trois groupes suivent une loi normale; H_1 , 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 H_0 . 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 4 Test t pour échantillons appariés
(les résultats du prétest et du post-test)

Test des échantillons appariés										
		Moyenne	Écart type	Moyenne d'erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %					
					Inférieur					
Paire 1	prétest – post-test	-1,453	8,367	1,479	-4,470	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 5). 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 5). Ils regroupent les élèves de grade sept à grade neuf (de 12 à 15 ans).

Tableau 5 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 6), le coefficient de Spearman vaut $r_s = -.917$, $p = .004$. On rejette donc l'hypothèse nulle. Selon les balises de Cohen (Yergeau & 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 6), le coefficient de Spearman vaut $r_s = ,800$, $p = ,017$. Selon les balises de Cohen (Yergeau & 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 performant le mieux.

Tableau 6 Corrélation entre le nombre de pauses métacognitives et l'évolution du score de la sous-compétence

		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

«Déduction» en fonction du score global des élèves (performant le moins bien ou le mieux)

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 3), 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?».

De plus, nous avons observé que l'une des élèves performant le mieux a exprimé à voix haute les questions travaillées 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.

3.2. 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. tableaux 1 et 7 et figure 5). Nous rejetons l’hypothèse nulle. Selon les balises de Cohen (Yergeau & 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 8), 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 entraînées lors des pauses métacognitives menées en classe. 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’auto-confrontation 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 7 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 8 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

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.

3.3. 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.

3.3.1. 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.

3.3.2. 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 voir 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 déplier 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.

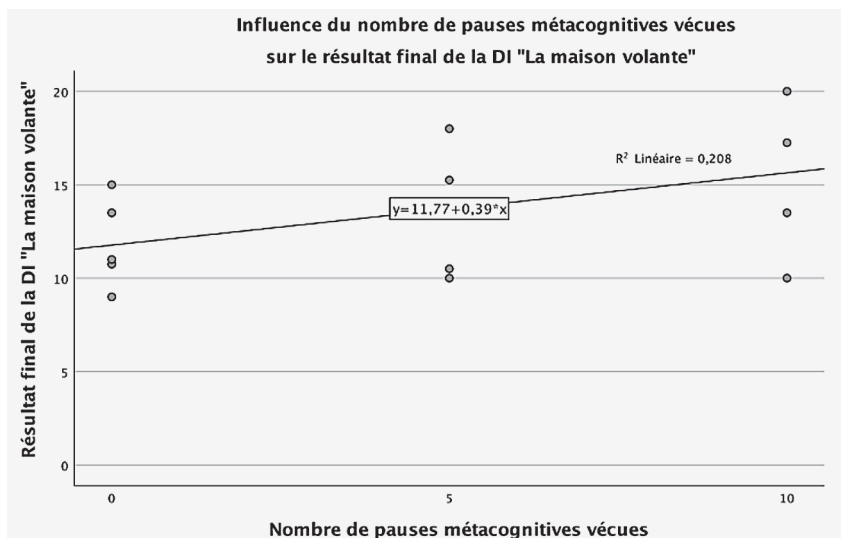


Figure 5 Régression linéaire présentant les résultats de la DI de transfert «La maison volante» en lien avec le nombre de pauses métacognitives

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 propose plus de phrase construite. Les élèves présentent une certaine lassitude 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 :

 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) ?	La poussée d'Archimède est une force exercée par l'eau vers le haut. 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 6 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 :

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 ?)

Figure 7 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 :

 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 des fluides vers le haut sur un objet dans un fluide. $F_A = P_{\text{réel}} - P_{\text{apparent}}$ 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 8 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. $F_A = P_{\text{réel}} - P_{\text{apparent}}$ ».

Elle structure son hypothèse de la façon suivante :

 Mes hypothèses	Au regard de ce que je viens d'écrire, mes hypothèses sont...	Je ne suis pas du tout certain(e) de la réponse que j'apporte ...je pense que le poids apparent peut faire varier la poussée d'Archimède et je pense que le poids réel peut faire varier la poussée d'Archimède. type de fluide
---	--	--

Figure 9 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».

3.3.3. 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'auto-confrontation 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 & 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 entraînées. 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 habilité métacognitive de planification (Paris & Winograd, 1990, cités dans Frenkel & Deforge, 2014).

3.4. 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. Seuls 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.

4. Discussion et conclusion

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 performant le mieux. À l'inverse, le nombre de pauses est fortement corrélé négativement à la sous-compétence de déduction pour les élèves qui performant 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 3) 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 maîtrise des acquis du cours. Nous émettons l'hypothèse que la tâche réalisée est trop éloignée des situations d'entraînement 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, Kipfer et Büchel (2012) lors de leur étude sur « les effets d'un entraînement 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. 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.

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 socio-cognitifs 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, apportait très souvent des réponses identiques du fait de leur caractère fermé. Par exemple, nous pourrions 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 pourra se faire via des supports variés (par exemple : un outil numérique, un enregistrement audio, une affiche à compléter en classe, etc.). Nous devons 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. 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 & Cartier, 2016) et de planification (Paris & Winograd, 1990, cités dans Frenkel & 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 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, Bonnotte et Negro (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'entraînement 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.

Bibliographie

- AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION. (2018). Critical Thinking. In *APA Dictionary of Psychology*. En ligne : <<https://dictionary.apa.org/critical-thinking>> (consulté le 25 septembre 2022).
- ASBL HYPOTHÈSE. (2016). La démarche de recherche en classe. *ASBL Hypothèse*. En ligne : <<http://www.hypothese.be/PageOutilsDidactiques.html>> (consulté le 15 mai 2017).
- BÄCHTOLD M. (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma*, n° 38, p. 7-39.
- (2021). L'esprit critique et l'enseignement des sciences : quels en sont les contours et quelles stratégies didactiques pour le développer? *Le printemps de la recherche en éducation*. En ligne : <<https://www.youtube.com/watch?v=dV3klVIlyqU>> (consulté le 25 septembre 2022).
- BERGER J.-L., KIPFER N. & BÜCHEL F. (2012). Des effets d'un entraînement 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*, vol.15, n° 2, p.119-146.
- BERTON B. (2018). Le dialogue socratique : Un genre de référence de pratiques orales philosophiques à l'école primaire ? *Recherches en éducation*, n° 32, p.153-165.
- BLANCHARD M. R., SOUTHERLAND S. A., OSBORNE J. W., SAMPSON V. D., ANNETTA L.A. & GRANGER E. M. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability? A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction. *Science Education*, vol. 94, n° 4, p.577-616.
- BOILEVIN J.-M. (2013a). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants. Regards didactiques*. Bruxelles : De Boeck.
- (2013b). La place des démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences», Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. In M. Grangeat (éd.), *Des formations et des pratiques de classe*, Grenoble, Presses universitaires de Grenoble, p.27-53.
- BOISVERT J. (2015). Pensée critique : définition, illustration, applications. *Revue québécoise de psychologie*, vol. 36, n°1, p.3-33.
- 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*, n° 4, p.105-119.
- CALMETTES B. (2012). *Didactique des sciences et démarches d'investigation : références, représentations, pratiques et formation*. Paris : L'Harmattan.
- CARIOU J.-Y. (2010). Tentative de détermination de l'authenticité des démarches d'investigation. *Actes des journées scientifiques DIES*, p.57-66. En ligne : <<http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/dies2010/dies-2010-actes-complet.pdf>> (consulté le 25 septembre 2022).
- CHANQUOY L., BONNOTTE I. & NEGRO I. (2018). Apprendre à écrire : un apprentissage long et complexe. In L. Ferrand, B. Lété & C. Thevenod (dir.), *Psychologie cognitive des apprentissages scolaires : apprendre à lire, écrire, compter*. Paris : Dunod, p.107-119.
- COLOGNESI S. (2015). *Faire évoluer la compétence scripturale des élèves* [Université catholique de Louvain]. En ligne : <<http://hdl.handle.net/2078.1/161327>> (consulté le 25 septembre 2022).
- COLOGNESI S. & LUCCHINI S. (2016). Le rapport à l'écrit des élèves : focalisation sur la dimension métascripturale. *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, vol.19, n° 2, p. 33-52. En ligne : <<https://doi.org/10.7202/1042848ar>> (consulté le 25 septembre 2022).
- COLOGNESI S. & VAN NIEUWENHOVEN C. (2016). La métacognition comme tremplin pour l'apprentissage de l'écriture. In S. Cartier & B. Noël (éd.), *De la métacognition à l'apprentissage autorégulé*, Bruxelles : De Boeck, p.111-126. En ligne : <https://www.researchgate.net/profile/Stephane-Colognesi/publication/308477665_La_métacognition_comme_tremplin_pour_l'apprentissage_de_l'écriture/links/5a329bc5458515afb65b2731/La-métacognition-comme-tremplin-pour-l'apprentissage-de-lecriture.pdf> (consulté le 25 septembre 2022).

- COSPÉREC S. (2018). Développer l'esprit critique des élèves? Un mouvement anglo-saxon, le Critical Thinking. *Revue Skhole.fr*. En ligne : <<http://skhole.fr/node/537>> (consulté le 23 octobre 2019).
- DHAENE S. (2012). *Les grands principes de l'apprentissage*. En ligne : <<https://www.college-de-france.fr/agenda/colloque/sciences-cognitives-et-education/les-grands-principes-de-apprentissage>> (consulté le 21 février 2023).
- DE VECCHI G. (2017). *Former l'esprit critique 1. Pour une pensée libre*, Paris : ESF.
- DOMENJOZ J.-C. (2018). La nécessité de l'éducation aux médias démontrée par un film documentaire [WordPress]. *Éducation aux médias et à l'information*. En ligne : <<https://educationauxmedias.ch/neesite-de-education-aux-medias-demontree-par-un-film-documentaire/>> (consulté le 25 septembre 2022)
- ENNIS R. (2015). *The Nature of Critical Thinking: Outlines of General Critical Thinking Dispositions and Abilities*. En ligne : <<http://criticalthinking.net/wp-content/uploads/2018/01/The-Nature-of-Critical-Thinking.pdf>> (consulté le 25 septembre 2022)
- ENNIS R., MILLMAN J. & TOMKO T. (2005). *Cornell Critical Thinking Tests Level X & Level Z Manual*. The Critical Thinking Company [5^e éd.]
- ESCORCIA D. & 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*, vol. 41, n° 2, p. 1-36.
- FACIONE P. (1990). *Critical Thinking: A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction*. ED 315 423. American Philosophical Association. En ligne : <https://www.researchgate.net/publication/242279575_Critical_Thinking_A_Statement_of_Expert_Consensus_for_Purposes_of_Educational_Assessment_and_Instruction> (consulté le 25 septembre 2022).
- FASTREZ P. & PHILIPPETTE T. (2017). Un modèle pour repenser l'éducation critique aux médias à l'ère du numérique. *TIC & société*, vol. 11, n° 1, p. 85-110.
- FÉDÉRATION WALLONIE-BRUXELLES (2013). *Socles de compétences*. Fédération Wallonie-Bruxelles.
- (2019). *Décret portant les livres 1^{er} et 2 du Code de l'enseignement fondamental et de l'enseignement secondaire, et mettant en place le tronc commun*. En ligne : <https://www.gallilex.cfwb.be/document/pdf/47165_000.pdf> (consulté le 25 septembre 2022).
- (2022). *Référentiel de sciences : tronc commun*. En ligne : <<https://ifpc.cfwb.be/v5/documents/tc/refSCIENCES.pdf>> (consulté le 5 septembre 2023).
- FÉSEC (Fédération de l'enseignement secondaire catholique) (2014a). *Programme Sciences de base, deuxième degré*. Enseignement catholique secondaire. En ligne : <<http://admin.segec.be/documents/7411.pdf>> (consulté le 25 septembre 2022).
- (2014b). *Programme Sciences générales, deuxième degré*. Enseignement catholique secondaire. En ligne : <<http://admin.segec.be/documents/7412.pdf>> (consulté le 25 septembre 2022).
- FRENKEL S. & DÉFORGE H. (2014). Métacognition et réussite scolaire : perspectives théoriques. In C. Giraudeau & G. Chasseigne (éd.), *Psychologie, éducation et vie scolaire*, Publibook Université, p. 87-113. En ligne :

- <<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>> (consulté le 25 septembre 2022)
- 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 de doctorat, université Laval.
- HARTMAN H. (1998). Metacognition in teaching and learning : An introduction. *Instructional Science*, n° 26, p. 13.
- HOUDÉ O. (2018). *L'école du cerveau de Montessori, Freinet et Piaget aux sciences cognitives*, Bruxelles : Mardaga.
- JACKSON S., KLEITMAN S. & AIDMAN E. (2014). Low Cognitive Load and Reduced Arousal Impede Practice Effects on Executive Functioning, Metacognitive Confidence and Decision Making. *Plos One*. En ligne : <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115689>> (consulté le 25 septembre 2022).
- KAHNEMAN D. (2012). *Système 1 Système 2 Les deux vitesses de la pensée*. Paris : Flammarion.
- LAFORTUNE L. & ROBERTSON A. (2005). Une réflexion portant sur les liens entre émotions et pensée critique. In L. Lafortune, M.-F. Daniel, P.-A. Doudin et al. (dir.), *Pédagogie et psychologie des émotions. Vers la compétence émotionnelle*, Québec : Presses de l'université du Québec, p. 61-86.
- 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?* HELMo Sainte-Croix [travail de fin d'études non publié].
- LECHASSEUR K. (2009). *Mobilisation des savoirs par une pensée critique chez des étudiantes infirmières bachelères en situation de soins*. Thèse de doctorat, université Laval.
- MASCIOTRA D. (2005). Réflexivité, métacognition et compétence. *Vie pédagogique*, n° 134, p. 2931.
- MESSIER G. (2016). Démarche déductive ou inductive? Là est la question! *Vivre le primaire*, vol. 29, n° 2, p. 74-75.
- MONVOISIN R. (2007). *Pour une didactique de l'esprit critique. Zététique et utilisation des interstices pseudoscientifiques dans les médias*. Thèse de doctorat, université Grenoble 1-Joseph Fourier.
- MORISSETTE R. & VOYNAUD M. (2002). *Accompagner la construction des savoirs*. Montréal : Chenelière Éducation.
- NOËL B. (1997). *La métacognition*. Bruxelles : De Boeck.
- NOËL B. & CARTIER S. (2016). *De la métacognition à l'apprentissage autorégulé*. Bruxelles : De Boeck.
- NOËL B. & LECLERCQ D. (2011). Comment développer des capacités cognitives et métacognitives? In *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.
- PASQUINELLI E. & BRONNER G. (2021). *Éduquer à l'esprit critique*. En ligne : <https://citoyennete.ac-creteil.fr/IMG/pdf/vdef_eduquer_a_lesprit_critique_csen-1.pdf> (consulté le 25 septembre 2022).

- PAUL R., BINKER A. J. A., MARTIN D. & ADAMSON K. (1989). *Critical Thinking Handbook: High School. A Guide for Redesigning Instruction*. En ligne : <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED325805.pdf>> (consulté le 25 septembre 2022).
- PAUL R. & ELDER L. (2008). *The miniature guide to critical thinking concepts and tools*. En ligne : <<https://epdf.pub/the-miniature-guide-to-critical-thinking-concepts-and-tools.html>> (consulté le 25 septembre 2022).
- PEREIRA I. (2019). Irène Pereira : *Les pédagogies critiques* [Le café pédagogique]. En ligne : <<http://www.cafepedagogique.net/lexpresso/Pages/2019/02/08022019Article636852082485856246.aspx>> (consulté le 25 septembre 2022).
- PERRET P. (2003). Contrôle inhibiteur et développement cognitif : perspectives actuelles. *Revue de neuropsychologie*, vol. 13, n° 3, p. 345-373.
- PUMA S. & 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*, n° 171, p. 217-225.
- RÉMOND M. & QUET F. (1999). Apprendre à comprendre l'écrit. Psycholinguistique et métacognition : l'exemple du CM2. *Repères. Recherches en didactique du français langue maternelle*, n° 19, p. 203-224.
- ROMAINVILLE M. (2007). Conscience, métacognition, apprentissage : le cas des compétences méthodologiques. In F. Pons & P.-A. Doudin (éd.), *La conscience : perspectives pédagogiques et psychologiques*, Presses de l'université du Québec, p. 108-130. En ligne : <<https://pure.unamur.be/ws/files/1018083/61024.pdf>> (consulté le 5 septembre 2023).
- ROMAINVILLE M., NOËL B. & WOLFS J.-L. (1995). La métacognition : facettes et pertinence du concept en éducation. *Revue française de pédagogie*, n° 112, p. 47-56.
- SCHLEICHER A. (2012). *Preparing Teachers and Developing School Leaders for the 21st Century : Lessons from around the World*. OECD Publishing. En ligne : <<https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/9789264174559-en>> (consulté le 25 septembre 2022).
- VALLERAND R. J. (1989). Vers une méthodologie de validation transculturelle de questionnaires psychologiques : implications pour la recherche en langue française. *Psychologie canadienne*, vol. 30, n° 4, p. 662-689.
- VENTURINI P. & TIBERGHEN 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*, n° 180, p. 95-120.
- VERHAEGHE J.-C., WOLFS J.-L., SIMON X. & COMPERE D. (2004). *Pratiquer l'épistémologie*. Bruxelles : De Boeck.
- VIENNOT L. (1996). *Raisonnement en physique, la part du sens commun*. Bruxelles : De Boeck.
- VITALE M. (2015). Pensée procédurale et auto-évaluation, un lien possible? *Communication présentée au colloque de l'admee Europe, Liège*, p. 43-47. En ligne : <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/192246/1/admee15_Actes_du_colloque4incp.pdf> (consulté le 5 septembre 2023).
- YERGEAU E. & POIRIER M. (2021). *Corrélation. SPSS à l'UdeS*. En ligne : <<https://spss.espaceweb.usherbrooke.ca>> (consulté le 25 septembre 2022)

ZIMMERMANN G., PASQUINELLI E. & FARINA M. (2017). *Esprit scientifique, esprit critique : un projet pédagogique pour l'école primaire. T. 1-Cycles 2 et 3*, Paris : Le Pommier. En ligne : <<https://www.fondation-lamap.org/fr/page/62511/contenus-du-projet>> (consulté le 25 septembre 2022).

Annexe 1 : détail des démarches d'investigation menées

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 nuancant 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 sans aucune aide de l'enseignante stagiaire, dont chacune des étapes est justifiée et construite par le groupe d'élèves et dont la recherche est structurée par les élèves, relève pleinement d'une approche constructiviste.

Durant cette séquence d'enseignement de cinq semaines, avec comme invariants les cinq DI successives et la même enseignante stagiaire, des pauses métacognitives ont été proposées dans deux des trois classes, à des moments clés de la DI. Le travail des élèves au cours des différentes DI n'a pas fait l'objet d'une analyse spécifique, excepté pour la 5e DI «La maison volante».

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 comporte 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. L'analyse de cette DI est détaillée dans l'annexe 2.

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.

Annexe 2 : outils de collecte de données

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.

Le *Cornell Critical Thinking Test* (CCTT) (cf. annexe 4) : ce test permet d'évaluer la pensée critique des élèves. Il est réalisé en pré- et post-test. Le score obtenu est mis en lien avec les résultats de l'évaluation de la DI «La maison volante». La méthode d'évaluation appliquée correspond à celle proposée dans le manuel de passation du test. Le score total maximal est de 71 points.

Un document à compléter durant les pauses métacognitives (cf. annexe 3) : ce document a pour objectif de recueillir les réflexions des élèves émergeant

à la suite des prompts métacognitifs 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. 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 entraînées ou s'ils ont activé toute 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.

Évaluation certificative portant sur le chapitre de physique des fluides : 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 maîtrise des connaissances nouvellement acquises mais également leur réinvestissement des exercices de difficultés variées. Cette évaluation évalue 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 n'est pas une DI. Il s'agit d'un exercice posant une problématique pour lequel 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 au dispositif.

Un questionnaire à l'attention des élèves au terme du dispositif complet : à la suite du dispositif complet (soit 5 semaines), nous proposons aux élèves de répondre à un questionnaire en ligne afin de recueillir leurs impressions sur le dispositif vécu mais également sur la pensée critique et les stratégies métacognitives.

Un portfolio enseignant : l'enseignante stagiaire tient un portfolio pour garder une trace de sa pratique et de ses réflexions mais également pour adopter une attitude réflexive. Ces traces lui servent à construire son propre travail de fin d'études (TFE) mais sont également exploitées pour construire le vademecum à destination des enseignants pour mettre à nouveau en œuvre le dispositif.

Annexe 3 : exemples de traces écrites

Exemple de document recueillant des idées soulevées lors des pauses métacognitives

Hypothèse / Interprétation

Mes gestes métacognitifs

Démarche d'investigation 5 -- J'émet 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 fautive 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...	

Figure 1 Document pour collecter les traces écrites lors pause métacognitive

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

 Qu'est-ce que je sais déjà ?

- o J'énonce ce que j'ai déjà appris à l'école sur la poussée d'Archimède.
- o J'énonce ce que j'ai découvert par moi-même sur la poussée d'Archimède.
- o 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 me souviens par exemple que la poussée d'Archimède est une force exercée dans l'eau. Le bouchon va flotter, le bouchon de Noël va flotter et la bouteille.

 Quels sont les pièges à éviter ? Vide d'air.

Figure 2 Trace écrite collectée lors de la première pause métacognitive

	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... est le produit de la masse et de 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
---	------------------------------	--	---

Figure 3 Trace écrite collectée lors de la troisième pause métacognitive

	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 égale à la force de l'objet (si il 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 4 Trace écrite collectée lors de la cinquième pause métacognitive

	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 vers le haut sur un 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
---	------------------------------	--	--

Figure 5 Trace écrite collectée lors de la septième pause métacognitive

	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... dont 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
---	------------------------------	--	--

Figure 6 Trace écrite collectée lors de la neuvième pause métacognitive

Annexe 4 : le Cornell Critical Thinking Test

Le Cornell Critical Thinking Test (CCTT) est développé par Ennis, Millman et Tomko (2005). Le CCTT niveau X permet d'évaluer la pensée critique des élèves entre 9 ans et 18 ans. En fonction du niveau des élèves, la passation du test est scindée ou réalisée lors d'une période de cours de 50 minutes.

Le niveau X est un test à choix multiples de 71 questions évaluant également les sous-catégories suivantes :

Sous-catégories de la pensée critique intégrée dans le CCTT niveau X

Sous-catégorie de la pensée critique	Nombre de questions relatives
L'induction	25
La déduction	24
L'observation	23
La crédibilité	23
L'émission d'hypothèses	10

Le CCTT a été sélectionné pour différentes raisons. Il s'agit d'un test validé pour le public cible, qui a été créé afin d'être réalisé sur une période de 50 minutes de cours, ce qui correspond au contexte d'enseignement belge. Enfin, il ne porte pas sur des connaissances préalables nécessaires mais uniquement sur la maîtrise de la lecture. Notons également que son coût de passation est «abordable» pour une étude sans un financement important.

Voici quelques questions à titre d'exemples :

Exemple d'item évaluant l'induction :

Il y a dix huttes. Vous entrez dans la deuxième hutte et vous constatez à nouveau que tout est recouvert d'une épaisse couche de poussière.

Choisissez l'une des réponses suivantes :

- A. Ce fait confirme l'idée du médecin selon laquelle ils sont tous 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.

Exemple d'item évaluant la déduction :

Le mécanicien dit : «Si ces êtres sont des personnes de la Terre, alors ils nous accueilleront. Ce sont certainement des personnes de la Terre».

- A. Qu'est-ce qui suit?
- B. Ces êtres ne nous accueilleront pas;
- C. Ces êtres ne sont pas de la Terre;
- D. Ces êtres nous accueilleront.

Exemple d'item évaluant l'observation et la 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 : «L'eau n'est pas potable»;
- B. Le médecin dit : «Nous ne pouvons pas encore dire si l'eau est potable»;
- C. A et B sont tout aussi vraisemblables.

Exemple d'item évaluant l'émission d'hypothèse :

«Puisque nos explorateurs sont prisonniers, nous ne pouvons pas leur parler sans être découverts» Qu'est-ce qui est probablement considéré comme allant de soi?

- A. En général, on ne peut pas parler aux prisonniers, sauf si leurs gardiens le savent;
- B. En général, si nous parlons aux gens, ils en parleront à d'autres;
- C. En général, si nous parlons aux gens, ils n'en parleront pas aux autres.