Université Catholique de Louvain

Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education

Stratégies d'autorégulation d'élèves de cinquième primaire en situation de résolution de problèmes arithmétiques

Jérôme Focant

Dissertation présentée en vue de l'obtention
du titre de Docteur en Psychologie
sous la direction du Professeur Jacques Grégoire

Louvain-la-Neuve, Belgique
Septembre 2004

Note : la table des matières est présentée en fin de document.

Introduction

Notre expérience professionnelle nous a fréquemment amené à côtoyer les établissements scolaires, et à y rencontrer un nombre important d'élèves en difficultés d'apprentissage. Parmi l'ensemble des matières scolaires, les mathématiques constituent une discipline peu aisée, et les résolutions de problèmes y sont souvent considérées comme le point d'achoppement principal. Pourquoi, dès l'école primaire, tant d'élèves éprouvent-ils une grande peine à accomplir ce type de situations ? Pourquoi également les enseignants qui tentent d'aider leurs élèves se sentent-ils tellement démunis ? Quels sont les causes de ces échecs, et surtout quels sont les moyens d'y remédier ?

Bien que la maîtrise des connaissances disciplinaires joue un rôle fondamental dans la réussite de ce type d'activités, nous supposons que c'est surtout l'habileté à utiliser ces connaissances qui fait défaut chez bon nombre d'enfants. Notre recherche doctorale s'intéresse à cette question en évaluant d'une part le pouvoir prédictif des connaissances disciplinaires dans la performance en résolution de problèmes, et d'autre part en estimant dans quelle mesure, à niveau de maîtrise disciplinaire semblable, des habiletés de gestion de ce type de connaissances sont reliées à la performance scolaire.

Nous proposons que les stratégies d'autorégulation offrent un potentiel fabuleux à l'apprenant et aux enseignants qui les dirigent, et abordons diverses questions qui les concernent. De quoi parle-t-on exactement quand on évoque les stratégies d'autorégulation ? Dans quel cadre théorique ces stratégies s'intègrent-elles ? Quelle utilité peuvent-elles apporter en vue d'une performance scolaire optimale ? Comment agissent-elles pour générer un processus d'autorégulation efficace ? Une élaboration théorique et la présentation d'études empiriques permettront une compréhension affinée des mécanismes autorégulateurs, de leur développement et de leurs limites.

Le premier chapitre de cette dissertation vise à évaluer dans quelle mesure la maîtrise des connaissances disciplinaires est un facteur explicatif suffisant des variations observées dans la performance scolaire en résolution de problèmes arithmétiques. Combinant des aspects théoriques et empiriques, ce chapitre introductif permet de mieux cerner la problématique de notre travail, et aboutit à la présentation de la thèse soutenue dans l'ensemble de ce texte.

Le deuxième chapitre présente assez brièvement les théories de la métacognition et de l'apprentissage autorégulé, qui constituent le cadre de référence général des stratégies décrites tout au long de cette dissertation. Une clarification des définitions est proposée, et les concepts majeurs et mécanismes sous-jacents sont présentés. Nous concluons en recentrant le concept d'apprentissage autorégulé dans la perspective de notre recherche doctorale.

Le troisième chapitre conduit au cœur des processus d'autorégulation investigués dans notre recherche, en décrivant dans le détail les stratégies étudiées, leurs caractéristiques et leurs enjeux, et en les adaptant au contexte de la résolution de problèmes arithmétiques. Alliant synthèse de la littérature existante et élaboration théorique personnelle, ce chapitre massif nous permet de mettre en évidence la complémentarité des stratégies de détermination du but, de planification, de contrôle et de régulation dans un processus global visant l'optimalisation de la performance scolaire. Nous argumentons pourquoi nous supposons l'utilité de ces stratégies, en terme d'organisation et de supervision de l'action, et en terme de gestion des limites de la mémoire de travail. Plus spécifiquement, nous abordons également les aspects développementaux et méthodologiques relatifs à ces stratégies. Nous concluons ce chapitre en synthétisant les observations réalisées et en proposant diverses pistes de recherches, utilisées pour déterminer les questions et hypothèses de nos études empiriques.

Nos chapitres 4, 5 et 6 présentent ensuite les recherches complémentaires menées sur les stratégies d'autorégulation afin d'éclairer les lacunes subsistantes dans la littérature, et afin de comprendre plus finement les aspects structuraux et fonctionnels des mécanismes autorégulateurs, leur utilité et leurs limites. Chaque chapitre décrit ou rappelle la problématique sous-jacente à l'étude, les questions de recherche et hypothèses, la méthodologie, et les résultats. La discussion présentée en fin de chaque chapitre interprète ces résultats en termes méthodologiques et en termes théoriques et pratiques. Le chapitre 7 (discussion générale) reprend les résultats majeurs de l'ensemble de ces trois études et les interprète de manière plus générale. Il présente également les limites générales de nos études, les perspectives pour les recherches ultérieures, ainsi que les implications en terme de pratiques pédagogiques. Une conclusion générale rappellera ensuite brièvement les résultats théoriques et empiriques majeurs et originaux de cette dissertation en confrontation à la thèse proposée.

Chapitre 1 : Résolution de problèmes arithmétiques et connaissances disciplinaires à l'école primaire

1. Introduction

La résolution de problèmes est rapportée de manière récurrente par les enseignants de l'école primaire comme une activité où ils se sentent des plus impuissants. Les évaluations menées par Grégoire et Lafontaine (1996, 1997) ont permis de confirmer le nombre important d'élèves sous-performants dans ce type de situations scolaires. Desoete (2001, voir aussi De Clercq, Desoete & Roeyers, 2000, Desoete & Roeyers, 2003, Desoete, Roeyers, Buysse & De Clercq, 2002) rapporte diverses études observant le même constat dans la partie néerlandophone du pays et à l'étranger. Beaucoup d'enseignants se focalisent essentiellement sur les prérequis disciplinaires comme facteur explicatif de ces difficultés. Est-ce réellement le cas ? Nous nous attarderons à cette question dans ce chapitre, en décrivant en quoi constituent précisément ces prérequis, et dans quelle mesure ils définissent les réussites et les échecs des élèves.

Dans un premier temps, nous caractériserons les problèmes arithmétiques verbaux utilisés à travers l'ensemble de notre dissertation doctorale. Nous décrirons ensuite les connaissances disciplinaires nécessaires à la réussite de ce type de résolution. Enfin, nous présenterons une étude menée en janvier 2003, et visant à déterminer dans quelle mesure la maîtrise des connaissances disciplinaires est un facteur explicatif suffisant ou non de la performance en résolution de problèmes arithmétiques. Nous conclurons ce chapitre en décrivant de manière précise la thèse dont nous disserterons tout au long de ce travail.

2. Caractérisation des problèmes verbaux arithmétiques

Certaines situations arithmétiques ne permettent pas l'application simple d'une procédure apprise préalablement, et nécessitent le passage par plusieurs procédures que l'individu doit déterminer personnellement. La situation problème constitue cette tâche complexe où l'individu recherche une solution sans savoir au départ comment y parvenir (Newell & Simon, 1972, Gagné, 1985), et qui nécessite plus que l'application d'une séquence d'actions préalablement connue (Vermeer, Boekaerts & Segers, 2000). De nombreux auteurs définissent ce type de situations à partir de Newell et Simon (1972) sous la forme de deux conditions (Richard, 1985 dans Jonnaert, 1994, Tardif, 1992, Costermans, 1998, Poirier-Proulx, 1999, Paas, 1992) :

- l'existence d'un écart ou d'une distance entre une situation présente ou initiale (état de départ jugé insatisfaisant) et une situation désirée à laquelle l'individu doit parvenir (but à atteindre ou état-but) ;
- l'absence d'évidence du chemin menant à la réduction de cet écart (pas de routine connue).

Pour qu'il y ait un problème, il faut donc nécessairement qu'il y ait un caractère de nouveauté et de surprise (Roegiers, 1993, Lucangeli & Cornoldi, 1999), qui exige dès lors une démarche cognitive active d'élaboration et de vérification d'hypothèses sur la nature de cet écart et sur les moyens de le réduire (Poirier-Proulx, 1999). Cette démarche vise la recherche d'opérateurs, c'est-à-dire des actions autorisées permettant de modifier la situation de manière à relier l'état initial à l'état-but (Reed, 1999).

Une caractéristique importante des problèmes est leur subjectivité ou leur relativité : une même situation sera un problème pour un élève et ne le sera pas pour un autre (Schoenfeld, 1985, Poirier-Proulx, 1999, Fagnant, 2002). Le problème n'est pas une tâche en soi, mais il est une *situation*, c'est-à-dire la confrontation entre un système cognitif (l'individu) et une tâche (Hoc, 1987). Ainsi, la situation problème se distingue de l'activité de reproduction, d'exercice ou d'application par l'absence de connaissance des procédures qui permettent de passer de l'état initial au but (D'Hainaut, 1980, Jonnaert, 1994, Richard, 1998, Roegiers, 1993, Legendre, 1993).

Notons encore qu'il convient de différencier divers termes relatifs à ce type d'activités, tels que nous les utiliserons au cours de cette thèse. Le « problème » ou la « situation problème » constitue la situation telle qu'elle est proposée à l'individu, et respectant les conditions énoncées ci-dessus. La « résolution de problème » est le processus par lequel l'apprenant tente de parvenir à une solution. Et la « solution du problème » évoque le résultat final par lequel le problème est résolu.

La plupart des problèmes utilisés dans les études cognitivistes (problèmes des cannibales, des neuf points, de la tour d'Hanoi, …) ne relèvent habituellement d'aucun domaine particulier et ne nécessitent en ce sens aucune connaissance spécifique (Lemaire, 1999). A l'inverse, les recherches menées dans le cadre scolaire utilisent généralement des situations appartenant à des domaines de connaissances bien structurés (Fagnant, 2002). Pour être capable de résoudre ces problèmes, l'individu doit dès lors maîtriser un certain nombre de connaissances relatives au domaine scolaire concerné, généralement labellisées sous le terme de connaissances disciplinaires. Mais qu'est-ce qu'un domaine scolaire ? Ils sont le plus généralement perçus

comme les matières scolaires (mathématiques, français, sciences, …) ou comme les types d'activités menés dans chaque matière (compréhension de texte, dictée, expérimentations de chimie, construction d'images géométriques en trois dimensions, …). Selon Gelman (2000, voir aussi Hoc, 1987), le terme « domaine » doit cependant être utilisé de manière plus précise. Il est un « *ensemble de principes inter-reliés, des règles de leur application, et des entités auxquelles ils s'appliquent »* (p. 804). Le domaine choisi dans le cadre de cette dissertation doctorale ne consiste pas en la résolution de problèmes, mais bien en l'arithmétique, centrée autour des relations élémentaires au sein des nombres rationnels. Plus précisément, nos études questionnent les *quatre opérations arithmétiques de base* (addition, soustraction, multiplication et division), et portent sur des *nombres naturels* (entiers positifs).

Parmi l'ensemble des problèmes arithmétiques, les problèmes verbaux ont ceci de caractéristique qu'ils utilisent des mots en vue de décrire les situations (Fagnant, 2002). Plus précisément, ce sont des descriptions verbales de situations problèmes où une ou plusieurs questions indiquent la réponse attendue. Celle-ci peut être obtenue par l'application d'opérations arithmétiques à des données numériques disponibles dans l'énoncé du problème (Verschaffel, Greer & De Corte, 2000). Dans leur forme la plus typique, les problèmes verbaux prennent la forme de textes brefs (énoncés) décrivant les éléments essentiels de la situation, au sein de laquelle certaines quantités sont explicitement données alors que d'autres ne le sont pas. L'élève doit fournir une réponse numérique à une question spécifique (la demande) en utilisant exclusivement les quantités fournies dans l'énoncé (les données) et en inférant les relations entre ces quantités à partir de sa compréhension de l'énoncé.

Habituellement, il s'agit de problèmes fermés ou strictement définis. Dans un tel type de problème, l'information contenue dans les données du problème est en effet par elle-même suffisante pour permettre d'en découvrir la solution, pour peu que l'individu dispose de capacités cognitives générales et de certaines connaissances disciplinaires spécifiques (cf. section suivante). Ainsi, la situation initiale (données), l'état-but (demande) et les contraintes éventuelles sont clairement explicitées. De plus, ce type de problèmes a une seule réponse correcte et vérifiable : tout solution peut être évaluée en fonction des critères fournis (Baffrey-Dumont, 1999, Lemaire, 1999, Costermans, 1998, Jonassen, 1997, Tardif, 1992).

3. Les connaissances disciplinaires en résolution de problèmes arithmétiques

Pour résoudre des problèmes arithmétiques verbaux, l'élève doit maîtriser un nombre limité de connaissances disciplinaires, c'est-à-dire relatives à un domaine particulier. Nous avons décrit que, dans le cadre de cette dissertation, ces connaissances concernaient globalement les quatre opérations arithmétiques de base. Qu'en est-il plus précisément ? Quels sont, de manière exhaustive, les types spécifiques de connaissances disciplinaires dont l'enfant doit disposer pour résoudre de tels problèmes ?

Les connaissances disciplinaires, comme tout type de connaissances, ne se présentent pas sous une forme unique. La psychologie cognitive et les théories du traitement de l'information ont mis en évidence la distinction entre connaissances déclaratives et procédurales. Schématiquement, les connaissances déclaratives et procédurales se distinguent en fonction du « savoir que » et du « savoir comment » proposés il y a plus de 50 ans par Ryle (1949). Les *connaissances déclaratives*, relatives au savoir, sont des faits qui peuvent être constatés, et s'expriment en termes de théories, de notions ou concepts, d'événements, d'idées, d'objets, de principes, de lois, … (Boekaerts, 1997, Eysenck & Keane, 1990, Tardif, 1992). Les *connaissances procédurales*, relatives au savoir-faire, consistent en des procédures préalablement constituées, c'est-à-dire des suites organisées d'actions permettant de réaliser un but (Sternberg, 1996). Elles sont constituées de règles comportant une action (ou une séquence de plusieurs actions), les conditions du déclenchement de celle-ci (quand et pourquoi utiliser la procédure concernée), et éventuellement les conditions de son arrêt. Elles sont généralement représentées sous la forme de règles de production, caractérisées de la manière suivante (Anderson, 1983, 1996) : « SI (conditions a, b, …), ALORS (actions p, q, …) ». Dans le secteur de l'éducation, la partie conditions de ces règles de production est parfois évoquée sous le terme de connaissances conditionnelles (voir notamment Pintrich, 2000, et Tardif, 1992).[1]

La résolution de problèmes verbaux arithmétiques exige un certain nombre de connaissances déclaratives et procédurales spécifiques aux opérations arithmétiques de base et à la lecture de texte. *Au niveau déclaratif*, il s'agit essentiellement des connaissances verbales permettant la compréhension de l'énoncé et de la situation d'une part, et des connaissances arithmétiques

[1] Pour plus d'informations, le lecteur intéressé pourra consulter Anderson, 1983, 1996, et pour synthèses Eysenck & Keane, 1990, Haberlandt, 1994, Lemaire, 1999 et Sternberg, 1996.

nécessaires à la résolution d'autre part. Les connaissances verbales concernent le vocabulaire (et les concepts sous-jacents) et les connaissances grammaticales (structure de phrases, …) utilisées pour exprimer la situation. Les connaissances arithmétiques sont relatives à la compréhension des quatre opérations de base : addition, soustraction, multiplication et division. Que signifie additionner ? Quand je retire certains items d'une collection, à quelle opération fais-je référence ? Comment opère-t-on arithmétiquement pour partager un ensemble d'éléments en plusieurs parts ? *Au niveau procédural*, la lecture du texte de l'énoncé exige une procédure relativement efficace de décodage, c'est-à-dire de décryptage des signes que constituent les lettres, les chiffres, les ponctuations et les espaces en vue d'accéder au sens et aux concepts auxquels ils font référence (transformation des items écrits en items de sens). La résolution du problème nécessite, après cet accès à la compréhension de l'énoncé, la sélection (« conditions ») et l'application (« actions ») de procédures arithmétiques concernant les quatre opérations de base, en calcul mental ou en calcul écrit.

Ces connaissances sont donc liées à des domaines scolaires : l'arithmétique, la grammaire et le vocabulaire. Cependant, plus encore que cette spécificité au domaine, la majorité de ces connaissances sont spécifiques à l'énoncé même du problème et aux actions qui sont requises pour le résoudre. Dans le problème « L'achat de matériel informatique » présenté en figure 1.1, le sujet doit surtout savoir ce qu'est le matériel informatique, un ordinateur et une imprimante, ainsi que ce qu'est un catalogue. Il doit aussi savoir que le signe € représente le mot euro, et qu'il s'agit d'une mesure de quantité monétaire. Il n'a par contre aucunement besoin de savoir que le kilomètre est une unité de mesure de la distance et qu'il s'abrège en « km ». Au niveau arithmétique, l'élève a besoin de connaissances relatives à la soustraction (750 – 595 – 135 = ?) et éventuellement à l'addition (750 – (595 + 135) = ?). Peu lui importe dès lors de maîtriser les connaissances liées à la division écrite. Les connaissances grammaticales sont par contre spécifiques au domaine de la grammaire, mais plus générales au sein de ce domaine et utilisées relativement similairement à travers l'ensemble des problèmes verbaux : comment est construite une phrase ? que signifie la forme interrogative ou le signe « ? » ? Il en est de même pour les procédures de décodage.

L'achat de matériel informatique

Jean-Pierre veut consacrer 750 € pour s'équiper en matériel informatique. Il a vu, sur un catalogue, un ordinateur qui coûte 595 € et une imprimante au prix de 135 €. Combien d'argent lui restera-t-il après ces deux achats ?

Figure 1.1. Exemple de problème verbal arithmétique.

N'oublions pas que ces connaissances constituent des représentations, et qu'elles peuvent donc être erronées. Croire que l'adjectif « informatique » se rapporte au contexte téléphonique est un exemple de connaissance déclarative erronée. Parallèlement, la littérature a fréquemment rapporté le phénomène des « *bugs* », c'est-à-dire des erreurs contenues dans la chaîne d'actions de la connaissance procédurale[2]. Les connaissances sont des formes transitoires, elles sont sans cesse affinées en fonction des expériences rencontrées par l'individu.

4. Etude 1

4.1. Problématique et hypothèses

Les causes profondes des échecs scolaires dans les activités de résolution de problèmes arithmétiques ne sont pas toujours évidentes à décrypter. Les intuitions explicatives ont généralement tendance à se centrer sur les prérequis (ou connaissances) disciplinaires, décrits dans la section précédente. Outre les lacunes liées aux procédures de calcul proprement dites, de nombreux enseignants relatent souvent la difficulté de l'élève à mettre du sens sur le problème. Cette aptitude à comprendre le « sens » du problème correspond selon nous aux connaissances disciplinaires sous-jacentes au choix des opérations, en ce que cette aptitude reflète la capacité de

[2] Ces bugs ne constituent pas des erreurs d'application, mais des erreurs de programmation. Ainsi, un enfant peut se tromper dans la mise en œuvre d'une procédure d'addition écrite, soit parce que la connaissance procédurale est erronée (erreur de définition de la procédure), soit parce qu'il a commis une erreur de mise en œuvre d'une procédure adéquate (erreur de distraction par exemple). Ces deux types d'erreurs peuvent être distingués car la première est constante à travers toutes les mises en œuvre (jusqu'au constat de l'erreur et la modification de la connaissance procédurale), tandis que la seconde ne survient que ponctuellement ou occasionnellement.

l'enfant à traduire en termes arithmétiques l'expression langagière et sémantique que constitue l'énoncé.

S'il est évident que les connaissances disciplinaires décrites dans la section précédente sont nécessaires pour résoudre adéquatement des problèmes arithmétiques verbaux, il convient cependant de s'interroger si elles sont suffisantes à la réussite de ces résolutions. Selon nous, la présence des connaissances verbales et arithmétiques qui correspondent à la réussite d'une tâche de résolution de problèmes ne garantit aucunement le succès effectif de l'élève dans la réalisation de cette tâche. Fuchs, Fuchs, Prentice, Burch, Hamlett, Owen & Schroeter (2003) soulignent d'ailleurs que beaucoup d'enfants éprouvent des difficultés à utiliser ou transférer les connaissances disciplinaires à des situations nouvelles, alors que nous avons décrit que le caractère de nouveauté est par excellence une des critères typiques de la situation problème (cf. section 2). L'affirmation de ce caractère insuffisant des connaissances disciplinaires reste cependant heuristique et exige une confrontation empirique.

Les résultats d'une étude menée en janvier 2003 permettent d'éclairer cette question. Une mesure de la performance en résolution de problèmes y a été comparée, en terme de taux de réussite, à une évaluation des connaissances arithmétiques déclaratives (induisant le choix des procédures arithmétiques à appliquer) et procédurales (procédures permettant d'effectuer les opérations arithmétiques). Les hypothèses étaient les suivantes :

1. la maîtrise de l'ensemble des connaissances arithmétiques nécessaires à la résolution ne garantit pas la réussite du problème concerné ;
2. le score de réussite de l'épreuve des connaissances disciplinaires ne permet de prédire qu'une part limitée de la performance en résolution de problèmes.

4.2. Méthode

4.2.1. Echantillon

Les épreuves ont été menées avec 90 enfants de cinquième primaire, fréquentant diverses écoles belges francophones (enseignement ordinaire). Cinq écoles ont été visitées, dont une sur trois sites différents (petites écoles rurales). Ces écoles étaient diversifiées (de manière croisée) selon différents critères : le milieu de vie (rural ou citadin), la situation socio-économique de la majorité des élèves, le réseau d'enseignement et la province de l'école (cf. tableau 1.1). Cette diversification avait essentiellement pour but de susciter des variations importantes quant aux

scores sur les différentes épreuves, et de neutraliser tout effet massif et potentiel de pratiques pédagogiques particulières[3].

Ecole	*Réseau*	*Milieu de vie*	*Milieu socio-économique*	*Province*
Ecole 1	Communal	Citadin	Aisé	Brabant Wallon
Ecole 2	Libre	Citadin	Ouvrier/agricole	Liège
Ecole 3	Libre	Rural	Ouvrier/agricole	Hainaut
Ecole 4	Libre	Rural	Aisé	Liège
Ecole 5	Communal	Rural	Divers	Brabant Wallon

Tableau 1.1. Tableau croisé des caractéristiques des écoles visitées.

4.2.2. Épreuves

Deux types d'épreuves ont été menées : une mesure standardisée de performance en résolution de problèmes, et une mesure standardisée de performance sur les connaissances disciplinaires précises nécessaires à ces résolutions. Ces deux épreuves ont été conduites collectivement par classe et sous forme écrite. Des exemples de ces tâches sont présentées dans la figure 1.2 et en annexes 2 et 3. La durée de passation était d'approximativement 35 minutes en moyenne pour la première et de 25 minutes pour la seconde (estimation réalisée lors du pré-test). Aucune limite de temps n'était cependant imposée à l'enfant.

Dans la *première épreuve*, les élèves devaient résoudre 3 problèmes arithmétiques de respectivement 2, 3 et 5 étapes. Il s'agissait de problèmes arithmétiques verbaux et fermés, tels qu'ils ont été présentés dans la deuxième section de ce chapitre. Ils avaient été élaborés de manière à être similaires à ceux utilisés généralement par les enseignants, afin que le type de problème et le format de présentation de celui-ci ne soient pas déstabilisants pour l'enfant. Nous

[3] Certaines pratiques pédagogiques pourraient favoriser le développement de compétences tierces (stratégies d'autorégulation par exemple, cf. chapitres suivants) qui influenceraient notablement la relation entre la réussite des épreuves de connaissances disciplinaires et de résolution de problèmes, et qui pourraient dès lors masquer la relation directe entre les deux premiers types de compétences. Il était donc important de diversifier les écoles visitées afin de minimiser ce risque.

désirions ainsi nous situer au plus proche de la situation scolaire rencontrée habituellement par l'élève, tout en lui présentant une épreuve standardisée. Les problèmes utilisés comportaient également les caractéristiques suivantes.

- Aucun autre contenu mathématique que les opérations arithmétiques n'était nécessaire à la résolution : aucune formule (aires, périmètres, …), ni aucune règle de transformation (systèmes métriques, horlogers, …).
- Les étapes de résolution y étaient non répétitives : deux procédures similaires successives portées sur des nombres différents (2 menus à 15 € et 3 menus à 18 €. Combien en tout ?), ou deux additions simples et successives sur un même nombre (Paul avait 5 billes, il en a gagné 3, puis encore 2 autres) constituent des procédures répétitives.
- L'ordre de présentation des données était contrôlé : ordre de leur utilisation avec une et une seule inversion.
- Aucune donnée chiffrée superflue n'avait été intégrée.
- Les données quantitatives étaient toujours mises en évidence par l'utilisation des chiffres arabes (jamais en écriture alphabétique).
- Les nombres utilisés répondaient généralement à des règles précises concernant leur ordre de grandeur et leurs implications dans les combinaisons, en vue de s'adapter à l'état de l'apprentissage arithmétique en cours de l'enfant : l'addition exigeait toujours au moins un passage à la dizaine (éviter les additions trop faciles), la multiplication se posait toujours d'un nombre à deux chiffres par un nombre à un chiffre (éviter les multiplications trop complexes), …
- Les capacités d'analyse de tableaux à double entrée ou de compréhension de graphes n'étaient jamais nécessaires.

Les problèmes ont été cotés en fonction de la réponse finale, correcte ou incorrecte (1 ou 0). Un score total a été calculé pour chaque enfant, variant entre 0 et 3 pour l'échelle (variation sur quatre points).

Dans la *deuxième épreuve*, les connaissances disciplinaires arithmétiques des enfants étaient mesurées en situation isolée selon deux sous-épreuves : une épreuve liées aux capacités de calcul des enfants (connaissance procédurale des opérations arithmétiques en calcul écrit) ; une épreuve liée au choix de l'opération arithmétique (exigeant l'utilisation de connaissances conditionnelles ou déclaratives, liées au sens des différentes opérations). Nous avons posé supra le fait que les

connaissances disciplinaires étaient spécifiques non seulement au domaine scolaire, mais aussi à la tâche précise. En fonction de ce constat, nous avons souhaité les évaluer au plus près des résolutions de problèmes spécifiques à notre épreuve, et non de manière générale quant aux compétences arithmétiques des élèves.

Dans la première sous-épreuve, les calculs de chaque étape des trois résolutions de problèmes étaient présentés sous forme arithmétique. Tous les calculs devant être menés pour parvenir aux réponses des résolutions de problèmes étaient ainsi soumis à l'enfant. Ces items ont été corrigés en fonction de la réponse finale (et non du processus), correcte ou incorrecte (1 ou 0).

Dans la deuxième sous-épreuve, de petites phrases de structures et de thématiques similaires à celles intégrées dans les résolutions de problème étaient présentées à l'enfant (sorte de mini-problèmes). Il lui était alors demandé de traduire l'énoncé en forme arithmétique (calcul). Les nombres utilisés étaient petits pour que l'enfant puisse se centrer de manière particulière sur le choix de l'opération, et ne soit pas entravé par la difficulté du calcul à réaliser. La correction a jugé de l'opération choisie (codage dichotomique) et n'a pas tenu pas compte du nombre obtenu.

Extrait de l'énoncé d'un problème :

Un marchand va acheter des tomates chez deux fermiers.

Chez le premier fermier, il achète 9 caisses de 43 tomates. (…)

Item correspondant dans l'épreuve en situation isolée, sous-épreuve choix de l'opération :

J'ai acheté 3 paquets de 6 oranges. Combien ai-je acheté d'oranges en tout ?

…… … …… = ……

Item correspondant dans l'épreuve en situation isolée, sous-épreuve calcul :

43 x 9 = …

Figure 1.2. Exemple des épreuves de résolution de problème et de connaissances disciplinaires.

Concernant les connaissances disciplinaires isolées, l'enfant a obtenu un point lorsque tous les items des deux sous-épreuves correspondant au problème 1 étaient réussis (4 items). Si un seul item était incorrect, l'enfant se voyait attribuer le score de 0. Il en a été ensuite de même pour les

problèmes 2 (6 items) et 3 (10 items). Un score global a été élaboré pour l'épreuve des connaissances disciplinaires isolées en additionnant les scores correspondant aux trois problèmes. Ce score varie à nouveau entre 0 et 3 (variation sur quatre points) et est directement relatif au score des résolutions de problèmes. L'ensemble de nos variables ne permettant qu'une variation sur quatre points, les statistiques non paramétriques seront utilisées pour analyser nos données.

Nous avons mis en évidence plus haut la nécessité de disposer de connaissances verbales suffisantes. Nous n'avons pas mesuré pas ces connaissances, mais en avons minimisé l'impact par leur simplification. A cette fin, les mots et concepts utilisés étaient à la fois courants et relativement faciles à décrypter (facilité lexicale et de décodage), les phrases étaient très courtes et sans phrase subordonnée. Rappelons aussi que les élèves fréquentaient la cinquième primaire, et avaient déjà assuré les connaissances de base liées au décodage. De plus, les enfants dont la langue parlée à la maison n'était pas le français étaient supprimés de l'échantillon, et l'avis des enseignants était demandé quant à la compréhension verbale potentielle des énoncés par les enfants les plus faibles. En cas d'hésitation, l'élève était retiré de l'échantillon.

4.3. Résultats

4.3.1. En rapport à l'hypothèse 1

Si les connaissances disciplinaires sont suffisantes à la résolution adéquate de problèmes, tout enfant réalisant avec succès les items de l'épreuve des connaissances arithmétiques (épreuve 1) doit également réussir à résoudre le problème concerné (épreuve 2). Le score obtenu à l'épreuve 1 devrait dès lors être équivalent à celui de l'épreuve 2. Notre première hypothèse postule cependant l'inverse, indiquant l'insuffisance de la maîtrise des items de l'épreuve 1 pour le succès de l'épreuve 2. Les niveaux de réussite de l'épreuve 1 doivent selon cette hypothèse être inférieurs à ceux de l'épreuve 2.

La comparaison de la réussite entre les épreuves 1 et 2 est significativement à la défaveur de celle liée aux connaissances arithmétiques (*Wilcoxon Signed Ranks Test* : $p < .001$), corroborant notre hypothèse. La mesure de l'ampleur de l'effet (*effect size*) proposée par Cohen (1988) permet d'obtenir une évaluation de la différence entre deux moyennes en unité d'écart-type, et donc une estimation de l'intensité de cette différence. Dans le cas présent, cette statistique permet d'observer une différence de très grande intensité entre les deux mesures ($d_s = 0{,}90$). La moyenne de l'épreuve en situation isolée est d'ailleurs deux fois supérieure à celle des résolutions de problèmes (1.73 par rapport à 0.88, soit 58 % de réussite des items contre 29 %).

Cette proportion reste relativement constante pour les niveaux de réussite au sein de chaque problème. En fonction de l'argumentation développée dans le premier paragraphe de cette section, il apparaît donc évident, conformément à notre première hypothèse, que la maîtrise des connaissances disciplinaires est insuffisante à la résolution efficace de problèmes arithmétiques.

L'observation des tables de fréquence présentées dans les tableaux 1.2 et 1.3 nous permet de préciser ce résultat en fonction des scores les plus bas et les plus élevés. Parmi les scores les plus bas, nous remarquons que seulement 11 % des sujets ne maîtrisent les connaissances arithmétiques relatives à aucun problème (score épreuve 1 = 0), alors que 42 % des sujets ne résolvent adéquatement aucun problème (score épreuve 2 = 0). Ceci signifie que, parmi les élèves les plus faibles, plus de 30 % ont échoué à un problème au moins pour d'autres raisons que celles des connaissances disciplinaires.

Parmi les scores les plus élevés, nous observons également que plus de 26 % des élèves réussissent tous les items relatifs aux connaissances arithmétiques (score épreuve 1 = 3), mais que seulement moins de 6 % réussissent les trois résolutions (score épreuve 2 = 3). Parmi les enfants ayant une haute performance, plus de 20 % ont donc échoué à un problème au moins pour d'autres raisons. Le constat de la différence de réussite entre connaissances disciplinaires et performance en résolution de problèmes reste donc valable pour les élèves à haute performance et pour ceux à basse performance.

Scores épreuve 1	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage cumulatif
0	10	11.1	11.1
1	28	31.1	42.2
2	28	31.1	73.3
3	24	26.7	100
Total	90	100	

Tableau 1.2. Table de fréquences des scores de l'épreuve des connaissances arithmétiques.

Scores épreuve 2	Fréquence	Pourcentage	Pourcentage cumulatif
0	38	42.2	42.2
1	30	33.3	75.6
2	17	18.9	94.4
3	5	5.6	100
Total	90	100	

Tableau 1.3. Table de fréquences des scores de l'épreuve de résolution de problèmes.

4.3.2. En rapport à l'hypothèse 2

S'il apparaît des analyses précédentes que les connaissances disciplinaires ne suffisent pas à la réussite des tâches de résolution de problèmes, il convient de s'interroger, conformément à notre seconde hypothèse, sur l'intensité de la prédiction des scores de l'épreuve de performance en résolution de problèmes par ceux liés aux connaissances disciplinaires arithmétiques. Pour rappel, nous supposions que cette prédiction n'était que d'une ampleur limitée.

Le coefficient de détermination nous permet d'évaluer dans quelle mesure la réussite de l'épreuve des connaissances arithmétiques sous-jacentes aux résolutions permet d'expliquer la variance de la réussite à l'épreuve de résolution de problèmes. Celui-ci est calculé sur base de la statistique non paramétrique de corrélation du rho de Spearman. Les connaissances disciplinaires prédisent, de manière très significative, 21 % de la performance en résolution de problèmes ($r_s^2 = .213$, $p = .001$, $N = 90$). Le coefficient d'aliénation, exprimant la part de variance de la performance scolaire non expliquée, est dès lors de .787, ce qui exprime que plus de 78 % des scores de performance sont déterminés par d'autres facteurs que les connaissances disciplinaires. Ce résultat corrobore donc notre seconde hypothèse, de manière plus intense qu'attendu.

4.4. Discussion et conclusion

Les résultats observés lors de cette étude corroborent largement nos hypothèses. La comparaison des niveaux de réussite des deux épreuves laisse apparaître, dans une mesure très large, que la maîtrise de l'ensemble des connaissances arithmétiques nécessaires à la résolution ne garantit pas la réussite du problème concerné. De plus, le coefficient de détermination nous permet

d’observer que la performance en résolution de problèmes n’est prédite que dans une faible mesure (20 % environ) par la maîtrise des connaissances arithmétiques directement nécessaires aux résolutions.

Les hypothèses explicatives posées en terme des connaissances disciplinaires semblent donc certes justifiées, mais seulement dans une moindre mesure. Comment expliquer que les élèves qui disposent des connaissances déclaratives, procédurales et conditionnelles nécessaires aux résolutions ne parviennent pas plus largement à une performance optimale ?

Notre dissertation doctorale s’attachera à proposer *qu’une part des facteurs explicatifs de cette différence de réussite concerne la capacité du sujet à faire face au caractère complexe et novateur du type de tâches que constituent les résolutions de problèmes arithmétiques*. La nécessité de combiner divers types de connaissances apprises isolément au préalable, dans la poursuite d'une demande ou d'un but (cf. sections 2 et 3), exige en effet selon nous des *habiletés de gestion appropriée de son propre répertoire de connaissances et d’optimalisation de la mise en œuvre de procédures choisies en vue de parvenir à la résolution*. De nature déclarative ou procédurale, elles ont principalement été abordées dans deux cadres théoriques intimement liés : la métacognition et l’apprentissage autorégulé (*self-regulated learning*). Nous tenterons au cours de cette dissertation d'estimer l’impact de différentes procédures générales, appelées *stratégies d’autorégulation*, sur la performance des élèves dans les activités de résolution de problèmes arithmétiques. Nous nous attacherons à comprendre, théoriquement et empiriquement, les aspects structuraux et les mécanismes de fonctionnement sous-jacents aux stratégies étudiées, et interrogerons les facteurs qui peuvent influencer l’utilisation ou le développement de ces stratégies.

Chapitre 2 : Métacognition et apprentissage autorégulé

1. Introduction

Le concept de la métacognition, apparu à la fin des années 70, a connu un succès immense dès son apparition et a mené à un champ de recherches immense. Le paradigme de l'apprentissage autorégulé (*self-regulated learning*) s'est développé à sa suite, connaissant lui aussi une effervescence importante. De nombreux auteurs affirment cependant que les construits de ces concepts sont mal distingués dans les recherches, menant à des conclusions confuses et généralement abusives (Boekaerts, 1996, Dermitzaki, 2003, Desoete, 2001, Desoete et al., 2002, Lafortune & Saint-Pierre, 1996, Noël, 1991, Pallascio, Benny & Patry, 2001, Veenman, 2003a, 2003b). Ce caractère de confusion s'explique selon nous essentiellement par la rapidité du développement de ces concepts et de l'effet de mode qui s'en est suivi, et par la complexité de l'observation de leurs mécanismes. Victimes de leur succès, ces deux paradigmes ont été servis à toutes les sauces, et ont abouti à des conceptions et à des méthodologies trop diversifiées et parfois contradictoires.

En Europe, le groupe d'intérêt scientifique (*SIG*) de *l'European Association for Research on Learning and Instruction* (*EARLI*) centré sur la métacognition cherche aujourd'hui à remettre de l'ordre dans la définition de ces concepts (voir par exemple Veenman, 2003a, 2003b). Nous inscrivant dans cette lignée, nous décrivons dans ce chapitre les concepts fondamentaux de ces deux paradigmes, et essentiellement leurs éléments constituants et mécanismes sous-jacents. Nous évoquons également les liens entre ces deux notions, et concluons en recentrant ces deux cadres théoriques dans la perspective de notre recherche doctorale.

2. La métacognition

2.1. Qu'est-ce que la métacognition ?

La structure même du mot « métacognition » fait référence à la cognition sur la cognition, c'est-à-dire à des représentations ou processus cognitifs portant sur le fonctionnement cognitif général ou particulier. Elle constitue un construit multidimensionnel qui décrit en tant que phénomène unitaire divers « méta » portant sur tous les processus cognitifs imaginables, tel que la mémorisation, la compréhension ou l'attention (Gavalek & Raphael, 1985). Chaque auteur y a cependant été de sa variante, incluant ou excluant certains composants, ce qui a mené à une kyrielle de définitions et à une confusion du concept (Pallascio et al., 2001).

Aujourd'hui, la majorité des chercheurs dans le domaine de l'éducation s'est regroupée autour de la définition de John H. Flavell (1976), pionnier en la matière. Allaire, Pallascio, Lafortune et Mongeau, 1998, Baker et Brown, 1984, Gombert, 1990, Gordon et Braun, 1985, Lafortune, 1998, Lafortune, Jacob et Hébert, 2000, Lefebvre-Pinard, 1983, Lucangeli et Cornoldi, 1999, Miller, 1985, Noël, Romainville et Wolfs, 1995, Pallascio et al., 2001, Paris et Winograd, 1990, Pintrich et Schrauben, 1992, Romainville, 2000, Royer, Cisero et Carlo, 1993, Winne, 1996, Wong, 1985, … décrivent ainsi que les phénomènes métacognitifs sont de deux ordres :

(1) les connaissances que l'individu a de ses propres processus cognitifs, ainsi que des facteurs favorables et défavorables à ces processus ;

(2) le contrôle actif, la régulation et l'orchestration de ces processus en vue de la réalisation d'un but déterminé.

Cette distinction entre connaissances et processus a mené à deux champs de recherches distincts. Le premier, emmené par John H. Flavell et ses collaborateurs (Flavell, 1976, 1981, 1987), s'est particulièrement intéressé à la nature et au développement des connaissances métacognitives, c'est-à-dire à la métacognition en terme de variables influençant la cognition, et plus généralement en terme de compréhension des phénomènes cognitifs. Le second, initié par Ann L. Brown et ses collaborateurs (Brown, Bransford, Ferrara & Campione, 1983, Baker & Brown, 1984), a mis l'accent sur les habiletés métacognitives, en tant que moyen d'opérer un processus de contrôle et de régulation des activités.

2.2. Les connaissances métacognitives

Les connaissances métacognitives constituent des croyances de l'individu concernant tous les aspects possibles de l'activité cognitive, et notamment les facteurs ou variables qui affectent la performance d'un type donné de cognition. Ces connaissances sont verbalisables (comme toute connaissance) et relativement stables (Flavell, 1987, Brown et al., 1983). Elles constituent le composant déclaratif de la métacognition, par opposition avec la régulation métacognitive qui en constitue le composant exécutif (Lafortune, Jacob et al., 2000, Masui & De Corte, 1999, Paris & Winograd, 1990). Elles tirent leur origine des travaux sur la métamémoire, et ont ensuite été adaptées plus généralement à la cognition (Flavell, 1981). Elles constituent un stock de connaissances portant sur les personnes, sur les tâches et sur les stratégies (Flavell, 1981, 1987).

Les *connaissances relatives aux personnes* sont les croyances de l'individu concernant l'homme en tant qu'agent cognitif (Wong, 1985). Selon Flavell (1981), elles peuvent porter sur soi-même (« J'ai une bonne mémoire visuelle » ; « Je suis nul en orientation spatiale » ; « Je suis meilleur

en math qu'en français »), sur d'autres personnes (« Paul a une bonne mémoire des visages »), ou peuvent être des connaissances universelles (croyances quant au fonctionnement et aux propriétés universelles de la pensée humaine : « la mémoire est organisée en mémoires à court terme et à long terme »).

Ces connaissances permettent également de mettre en évidence des différences intra-individuelles (« Je suis meilleur en mémorisation qu'en compréhension »), des différences interindividuelles (« Paul est meilleur que moi pour résoudre des problèmes »), et des constantes (phénomènes cognitifs universels).

Les *connaissances métacognitives relatives aux tâches* portent sur les caractéristiques qui définissent notamment la familiarité, la difficulté et le type de traitement exigé par la tâche. Les critères utilisés pour caractériser une tâche sont très diversifiés : le type de tâche est-il familier ou non ? vivant et attractif ou terne et sans relief ? la tâche est-elle présentée lentement ou rapidement ? est-elle présentée sous des conditions de concentration ou de distraction ? l'information est-elle abondante ou maigre ? pleine de redondances ou très compacte ? fortement organisée ou non ? consistante et cohérente ou non ? Des exemples de ce type de connaissances métacognitives sont : « Un texte est plus compréhensible quand une structure claire est présente », « Résoudre un problème mathématique est plus facile quand on me fournit toutes les données nécessaires que quand je dois les chercher moi-même », « Quand je suis face à une résolution de problème, il faut que je me concentre beaucoup au début de la tâche ».

Certaines des connaissances métacognitives de ce groupe nous permettent de juger si la tâche est difficile ou non (Lafortune, Jacob et al., 2000). Ce jugement est réalisé selon nous d'une part en fonction du type de tâche dont il s'agit (« Je sais que les activités de conjugaison ne sont pas mon fort »), et d'autre part en fonction des caractéristiques de la tâche au sein de cette catégorie (« Un nombre important de données dans un problème augmente la difficulté de sa résolution »).

Les *connaissances métacognitives relatives aux stratégies* concernent la nature et l'utilité de chaque stratégie en tant que moyen de réaliser tel ou tel but : « Quand je dois apprendre des formules algébriques, une bonne stratégie est de les recopier plusieurs fois », « Quand je lis un texte, il est utile de m'assurer au fur et à mesure que je comprends ce que je lis ». Selon Pressley et al. (1990), il s'agit de connaissances qui réfèrent aux questions de quand et où utiliser une stratégie spécifique, c'est-à-dire, en terme de la psychologie cognitive, de connaissances conditionnelles relatives à la stratégie ciblée (cf. chapitre 1). Il s'agit cependant selon nous de conditions sensibles sur lesquels l'individu doit mener une réflexion afin de juger de la stratégie

la plus adaptée. Généralement, il n'existe en effet pas une seule bonne manière de procéder mais plusieurs stratégies possibles. Les connaissances métacognitives s'affinant au fur et à mesure de l'expérience, les critères de sélection de l'une ou l'autre des stratégies sont de plus en plus précis et différenciés.

Selon Flavell (1981), le type de connaissances métacognitives n'est pas cependant limité à la connaissance des conditions d'activation. Elles concernent également l'autre part des connaissances procédurales, c'est-à-dire la connaissance de la procédure elle-même (cf. chapitre 1)[4]. « Comment faire pour vérifier efficacement le résultat d'une opération arithmétique écrite ? », « Comment m'y prendre pour résumer les informations contenues dans un texte ? »

Au cours d'une tâche, les connaissances métacognitives des différents types sont utilisées de manière interactive pour s'adapter au mieux aux attributs de la tâche, en fonction de ses caractéristiques personnelles et des stratégies à sa disposition. Flavell (1976, p. 6) cite l'exemple suivant : « *un locuteur A décide de communiquer une information X au destinataire B d'une manière plutôt qu'une autre, en se basant sur une évaluation combinée de ses propres habiletés communicatives, des capacités réceptives de B et de la nature particulière de l'information X* ». De même, recevant une tâche d'un enseignant, un élève y reconnaît un problème mathématique, et en évalue la difficulté par une analyse basée sur les connaissances métacognitives liées à la tâche. Connaissant ses forces et faiblesses dans ce domaine (« Je sais que je suis bon en résolution de problèmes mais qu'il faut que je prenne bien mon temps sous peine de me tromper »), et en fonction des stratégies qu'il connaît pour l'aider à résoudre des problèmes et de l'affinement des conditions de leur activation (« L'analyse de la demande et la planification sont les premières stratégies à appliquer »), il entreprend une série d'actions mentales et physiques pour tenter de résoudre le problème présenté.

Selon Cornoldi (1998), les connaissances métacognitives peuvent être caractérisées en fonction de divers critères, tels leur degré de spécificité ou l'étendue de leur application, leur facilité d'accès en cours de tâche, leur niveau de conscience et leur facilité de verbalisation, le mode de leur acquisition, … Autant de critères qui montrent la diversité de ce type de connaissances.

Comme toute connaissance, elles constituent également des constructions mentales de l'individu

[4] Si Flavell (1981) se positionne clairement dans ce sens, on peut cependant s'interroger sur l'acceptation des connaissances des procédures en tant que connaissances métacognitives. Il s'agit en effet de la connaissance de processus cognitifs et non de la connaissance sur ces processus. La littérature actuelle reste généralement très évasive sur cette question, préférant l'éviter plutôt que de l'élucider.

sur une réalité perçue, qui sont en perpétuelle évolution. Ainsi, elles peuvent être fausses ou incomplètes, et le rester jusqu'au moment où une expérience personnelle mènera l'individu face à leur caractère erroné et en général à leur ajustement. Certaines de ces connaissances sont cependant teintées d'affectivité et seront plus résistantes au changement. Par exemple, des perceptions métacognitives relatives à soi telles « Je suis nul en math ! » ne sont révisées que difficilement. Comme nous l'aborderons ultérieurement, ces représentations sont à la frontière entre les connaissances métacognitives et les croyances motivationnelles (voir aussi la description des expériences métacognitives, section 2.4).

2.3. La régulation métacognitive

Les connaissances métacognitives existent indépendamment de l'action, et sont donc préexistantes à l'action. Leur finalité n'est cependant pas de rester inertes dans le répertoire des connaissances accumulées par l'individu, mais d'être utilisées pour l'aider à acquérir de nouvelles connaissances et à accomplir des tâches diverses.

Baker et Brown (1984) distinguent ces connaissances métacognitives hors situation (« à froid ») et la capacité de l'individu à réfléchir sur ses propres processus cognitifs et à en être conscient au cours de la réalisation d'une tâche (« *on-line* »). Cette réflexion métacognitive peut être menée dans deux buts différents de régulation. D'une part, son but peut être le guidage de l'action cognitive au sein de la tâche (cf. ci-dessous). D'autre part, il peut être de former de nouvelles connaissances métacognitives ou d'affiner celles existantes, en inférant à partir de la tâche des principes généraux sur son propre fonctionnement cognitif. Une réflexion de nature strictement endogène peut aussi être réalisée en dehors de toute tâche par inférence ou déduction à partir des connaissances métacognitives déjà existantes. Cette deuxième forme de régulation, que nous appelons régulation des connaissances métacognitives, sera reprise ultérieurement (cf. chapitre 3).

Noël (1991) et Wolfs (1998) synthétisent le processus de guidage de l'action cognitive en trois étapes. Ce type de régulation nécessite dans un premier temps la prise de conscience de ses démarches mentales en cours, ou de ses produits (Lafortune & Saint-Pierre, 1996). Il s'agit d'un regard conscient de l'intérieur (Alaoui, 1998) ou d'une introspection consciente (Wolfs, 1998) sur le déroulement des activités cognitives. Cette prise de conscience permet à l'individu, dans un deuxième temps, d'émettre un jugement critique sur ses processus cognitifs en cours. Alaoui (1998) et Caron (2002) décrivent ce jugement ou cette autoévaluation comme une sorte de dialogue intérieur de l'individu. Cette réflexion métacognitive ne devient cependant

opérationnelle que dans un troisième temps par les décisions qui découlent de ce processus d'observation et de réflexion : le sujet décide de modifier ou non ses activités cognitives, leurs produits ou tout autre aspect de la situation en fonction du résultat de son jugement métacognitif.

Cette vision de la régulation métacognitive par la réflexion est bien représentée dans la littérature francophone. L'accent y est mis sur une perspective socioconstructiviste, où l'individu construit ses connaissances par l'expérience (directe ou vicariante), la réflexion abstractive sur ces expériences, et le partage des abstractions entre pairs, et où le guidage de l'action est réalisé par un travail de réflexion. Il existe cependant au moins une autre manière de concevoir la régulation métacognitive, décrite surtout au sein du paradigme de l'apprentissage autorégulé.

Ce courant, influencé surtout par les théories comportementales et du traitement de l'information, s'est développé essentiellement aux Etats-Unis, avant d'être repris en Europe et ailleurs. L'autorégulation porte sur la capacité de l'individu de planifier et contrôler délibérément ses propres processus cognitifs en vue de la réalisation d'un but ou d'un objectif déterminé (Gombert, 1990). Elle met cependant moins l'accent sur le rôle de la réflexion métacognitive, délaissant la question du rôle de la conscience et préférant le caractère opérationnel des stratégies d'autorégulation. On y rencontrera par exemple plus facilement les termes d'organisation et de gestion de ses activités mentales que de guidage (Brown, 1978), et il sera question d'habiletés métacognitives (impliquant un entraînement plutôt qu'une réflexion).

Ces habiletés, décrites au départ dans le cadre du composant exécutif de la métacognition (et généralement dans le cadre de la métamémoire et de la métacompréhension), ont été reprises, détaillées et affinées dans les études sur l'apprentissage autorégulé. Nous décrivons ce paradigme dans la suite de ce chapitre.

2.4. Précisions sur le concept de métacognition

Une confusion importante au sein de la métacognition concerne la distinction entre processus cognitif et processus métacognitif (Alaoui, 1998, Bandura, 2003, Brown et al., 1983, Day, French & Hall, 1985, Lefebvre-Pinard, 1983, Nguyen-Xuan, Richard & Hoc, 1990, Pallascio et al, 2001, Salomon, 2003). Certaines activités prototypiques sont en effet facilement attribuées à la métacognition, mais certains composants périphériques sont plus difficiles à juger quant à leur intégration ou non au concept (Brown et al., 1983). Au niveau le plus tolérant, le processus métacognitif doit porter sur un processus cognitif ou le résultat de celui-ci (sous-entendu quel qu'il soit). L'accent est mis ici sur la finalité de l'action cognitive concernée. Si son but est dirigée vers la recherche d'un résultat, l'entreprise sera jugée cognitive ; à l'inverse si elle est

dirigée vers le contrôle du résultat d'un processus cognitif l'activité sera considérée métacognitive. Ceci signifie qu'une même procédure peut être cognitive ou métacognitive. Par exemple, l'application d'une procédure de calcul écrit est cognitive si elle vise à obtenir un résultat, mais métacognitive si elle vise le contrôle du résultat obtenu. Au niveau le plus strict par contre, tout processus métacognitif doit obligatoirement porter sur un autre processus cognitif. Le nombre d'habiletés métacognitives est alors très limité, les vérifications de résultats évoquées ci-dessus étant par exemple d'ordre cognitif et plus métacognitif. A un niveau intermédiaire de tolérance, Noël (1991, p. 17) décrit que le processus métacognitif doit être strictement réduit à 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 ». Nous optons personnellement pour limiter le terme « processus métacognitifs » à l'emploi proposé par Bernadette Noël.

Outre la confusion fréquemment observée sur ce point dans la littérature, la complexité du concept de métacognition s'exprime par la dualité de ses éléments constituants. Les composants déclaratif et exécutif de la métacognition sont distincts, mais entretiennent des liens étroits et s'influencent l'un l'autre (Brown et al., 1983). Bouffard et Vezeau (1998) décrivent cette relation à double sens, schématisée dans la figure 2.1. D'une part, la régulation métacognitive permet à l'individu d'utiliser ses connaissances métacognitives de manière optimale pour compléter une tâche (flèche « utilisation »). D'autre part, elle permet à l'individu d'enrichir son répertoire de connaissances métacognitives (Lefebvre-Pinard & Pinard, 1985) par un effet retour du processus en cours sur le stock de connaissances métacognitives (flèche « induction / inférence »). A travers les expériences répétées et la régulation métacognitive, l'individu peut extraire des informations sur les facteurs positifs et négatifs qui affectent le fonctionnement cognitif ou l'efficacité d'une stratégie. Ce processus est réalisé à l'aide des mécanismes de régulation des connaissances métacognitives que nous décrirons ultérieurement (cf. chapitre 3). Les aspects déclaratifs et exécutifs du concept de métacognition sont donc intimement liés, mais ils doivent cependant être différenciés (Schneider, 1998).

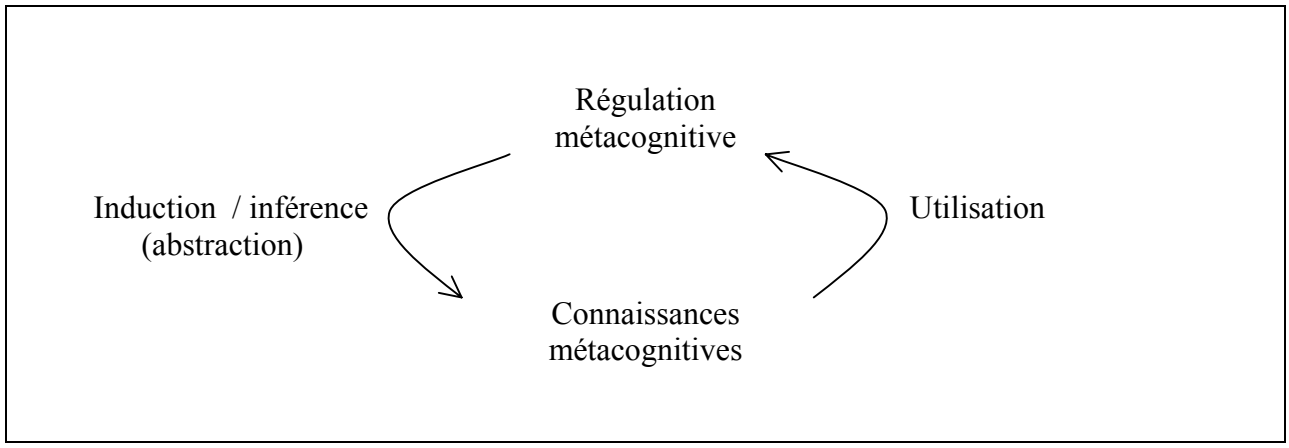

Figure 2.1. Schématisation de la relation à double sens entre métacognition exécutive et déclarative.

S'ajoute à ce double composant les expériences métacognitives décrites par Flavell (1981). Il s'agit d'intrusions métacognitives dans la conscience d'un individu en cours de réalisation de tâche, telle une réflexion « Oh là ! Ce paragraphe me paraît difficile ! ». Elles sont à la fois d'ordre cognitif et affectif, et toujours conscientes : *« sentiment que quelque chose est difficile à percevoir, à comprendre, à rappeler ou à résoudre ; l'impression qu'on est loin ou près du but de l'entreprise cognitive, que la tâche est devenue plus facile ou plus difficile »* (Flavell, 1987, p. 214). Cette définition peu opérationnelle a mené à des interprétations diverses, qui s'éloignent parfois notablement du concept de métacognition. Aujourd'hui, Efklides (2003, voir aussi Efklides & Fotini, 2003) définit l'expérience métacognitive comme des sensations, estimations, jugements, idées et pensées en regard des processus cognitifs et de ses résultats. L'expérience métacognitive consciente peut apparaître dans plusieurs situations : lorsque la situation le requiert explicitement, lorsque la situation se trouve à la fois être nouvelle et non familière, durant les situations où il est nécessaire de faire des inférences, de faire preuve de jugement et lors de la prise de décision, ou lorsque l'individu est en difficulté durant une résolution de problèmes (Pallascio et al., 2001). Elles n'auraient donc lieu que lorsque la situation nécessite une activation consciente de certains paramètres et états en vue d'une régulation majeure. Cet élément métacognitif supplémentaire ajoute à la confusion du concept.

3. L'apprentissage autorégulé

3.1. Qu'est-ce que l'apprentissage autorégulé ?

Tout processus actif d'apprentissage implique des ajustements continus et de fins réglages de l'action, qui se réalisent par le moyen de processus autorégulateurs (Brown et al., 1983). Pour les auteurs du courant socio-cognitif, ce sont des pensées, des sensations ou des actions autogénérées qui sont planifiées et adaptées périodiquement pour permettre d'atteindre des buts personnels (Schunk & Zimmerman, 1994, Zimmerman, 1989b, 2000, Zimmerman & Schunk, 1989). Cette définition largement reconnue met l'accent sur divers aspects de l'apprentissage autorégulé.

Premièrement, elle met en évidence que, dans sa régulation, l'individu utilise autant les actions que les pensées et les sensations. La régulation métacognitive a mis en exergue le rôle de la pensée et de la réflexion comme moyens de se réguler (cf. section 2.3). L'apprentissage autorégulé attribue également ce rôle aux actions, souvent traduites par l'idée de *procédures ou stratégies*. Celles-ci constituent les composants principaux des modèles de l'apprentissage autorégulé, et seront décrites au sein de ce chapitre. Les sensations (de même que certaines pensées) seraient selon nous relatives aux expériences métacognitives décrites à la fin de la section précédente.

Deuxièmement, l'idée d'adaptation périodique de ces pensées, sensations et actions démontre le caractère *d'ajustement* de ces processus en cours de l'apprentissage. Ce côté adaptatif est présent également dans la définition de Lemos (1999), qui met l'accent sur la capacité de l'individu à moduler son comportement en fonction du changement interne et externe de circonstances. Les changements internes sont générés par la propre action de l'individu (les résultats de procédures qu'il a lui-même menées, une modification du but par l'individu, …). Les changements externes surviennent indépendamment de l'action du sujet (la situation évolue par elle-même) ou sont générés par l'environnement de l'apprenant (feed-back d'un enseignant ou d'un parent, menace ou promesse de récompense, …). Ce caractère adaptatif externe relève de l'influence du contexte social, chère aux socio-cognitivistes.

Troisièmement, ces pensées, sensations et actions sont dites dirigées vers un *but*, et ce but est *déterminé par l'individu* lui-même. Bien plus, l'apprenant génère souvent intentionnellement les pensées, sensations et actions qui lui semblent nécessaires dans la poursuite du but. Il ne subit pas son apprentissage, mais prend une place proactive dans celui-ci. On parlera d'apprentissage

autorégulé tant que cet apprentissage reste sous l'influence et la maîtrise de processus personnels (Zimmerman, 1989b).

La critique principale que nous formulons à l'égard de cette même définition est que selon nous un type d'apprentissage ne consiste pas en des pensées, actions et sensations, mais en un *processus* impliquant ce type de manifestations. Boekaerts (2002, p. 595) améliore cette définition dans ce sens : « tentatives des étudiants d'atteindre des buts personnels en générant systématiquement des pensées, des actions et des sensations à utiliser, en prenant en compte les conditions locales ».

Enfin, l'apprentissage autorégulé est souvent défini sous un angle plus fonctionnel. Dans un autre article, Boekaerts (1996) insiste sur l'aspect de contrôle qu'exerce l'apprenant sur les différentes dimensions du processus d'apprentissage. Selon elle, ce contrôle inclut la sélection, la combinaison et la coordination de stratégies cognitives d'une manière sensible au contexte. C'est le principe de gestion des conduites cognitives et motivationnelles que décrivent Paris et Oka (1986b). Zimmerman (2000) décrit que l'apprentissage autorégulé est un processus actif par lequel les apprenants déterminent des buts pour leur apprentissage, et tentent ensuite de surveiller et de réguler leur cognition, motivation et comportements (guidés et contraints par leurs buts et les caractéristiques contextuelles de l'environnement). Notons que, la plupart du temps, l'apprentissage autorégulé n'est pas défini formellement au sein de la littérature, mais est décrit en terme de ses composants opératoires ou sous l'apparence d'un modèle décrivant le processus d'autorégulation.

3.2. Un modèle général de l'apprentissage autorégulé

Un des modèles principaux de l'apprentissage autorégulé est celui proposé par les auteurs du courant socio-cognitif. Déjà élaboré en grande partie par Bandura (1986), il a été repris et amélioré par Zimmerman et Schunk (Schunk, 2001, Schunk & Zimmerman, 1994, 1998, Zimmerman, 1989b, 2000). Leur modèle triadique (voir figure 2.2.) met en évidence l'implication de composants personnels, comportementaux et environnementaux dans tout apprentissage. De manière schématique (flèches doubles dans la figure 2.2), les processus personnels (cognitifs, affectifs et motivationnels) de l'individu l'amènent à poser un comportement, qui entraîne un changement dans l'environnement de l'apprentissage : l'état de la situation n'est plus identique à celui de départ, puisque les actions de l'individu ont inévitablement agi sur et modifié l'environnement. Ajoutons deux éléments. D'une part, les processus personnels peuvent porter sur eux-mêmes et donc se modifier. On retrouve ici les

processus métacognitifs, et ceux par lesquels l'individu réfléchit et agit sur ses facteurs émotionnels et motivationnels par exemple. D'autre part, des changements peuvent survenir dans l'environnement indépendamment de l'action de l'individu, dans le cas de situations dynamiques. L'individu ne peut alors déterminer que partiellement ou indirectement l'évolution des choses, et il doit prendre en compte les éléments provenant de l'environnement.

Afin de garantir des décisions optimales quant aux actions à mener, trois processus informatifs ou de feed-back sont mis en œuvre (flèches simples dans la figure 2.2). Ceux-ci alimentent les processus mentaux, permettant un ajustement plus efficace. Ces prises d'information constituent un des éléments majeurs de l'autorégulation. Le premier type de feed-back est interne aux processus personnels (mentaux). Il porte sur les états motivationnels, cognitifs et affectifs, et sur l'efficacité des actions menées par l'individu pour réguler ces états. Le second consiste en une information *on-line* sur la mise en œuvre des comportements par l'individu. Le troisième informe les processus mentaux sur les modifications de l'environnement qui sont générées par les actions de l'individu ou par l'un ou l'autre élément de son environnement, indépendamment de son propre comportement.

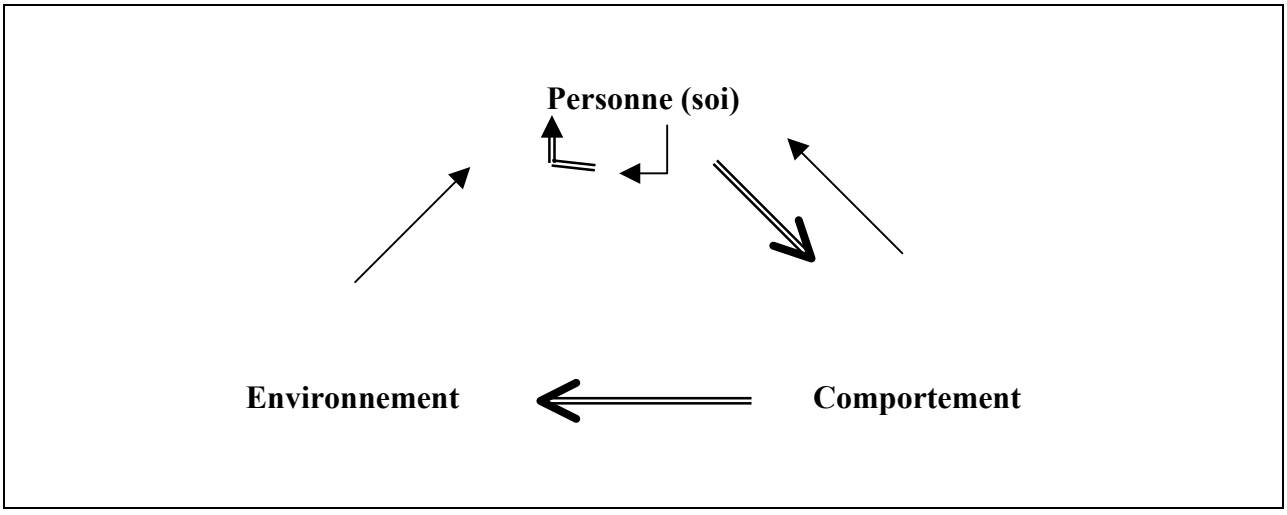

Figure 2.2. Modèle triadique de l'apprentissage autorégulé (Zimmerman, 1989b).

L'autorégulation consiste cependant non seulement dans ces prises d'informations, mais devient réellement opérationnelle dans ses tentatives de contrôler et réguler ces influences. Comment fonctionne concrètement cette régulation ? Quels en sont les processus sous-jacents ? Depuis une quinzaine d'années, Bandura (1986) et Schunk (1989, 1998, 2001) décrivent trois sous-processus de l'apprentissage autorégulé : auto-observation, auto-jugement et auto-réaction. Ces processus

sont bien entendu influencés par des variables liées à l'environnement social (par exemple le soutien à l'élève) ou physique (le fait de disposer ou non d'un bureau à soi quand on doit étudier), et liées au soi (perception de sa propre compétence et autres représentations motivationnelles – cf. infra).

Si nous souhaitons avoir une influence sur nos actions, nous devons savoir ce que nous faisons et ce que nous produisons comme effet. Par le sous-processus d'*auto-observation*, l'individu porte une attention délibérée à divers aspects spécifiques de son propre comportement. En s'observant (par les trois processus de feed-back décrits précédemment), il récolte et enregistre de l'information sur celui-ci. Selon Schunk (2001), ce sous-processus est d'autant plus efficace qu'il est régulier (qu'il est mené de manière continue dans un et à travers plusieurs apprentissages), et proximal (qu'il se réalise au moment même où se déroule l'apprentissage ou juste après).

Pour pouvoir ajuster nos actions, nous devons pouvoir évaluer au mieux ce que nous avons observé dans la phase précédente. L'*auto-jugement* consiste en la confrontation entre l'information rapportée et un but ou standard. L'individu y évalue donc ses actions et leur résultat (la performance actuelle) en rapport avec le but fixé. La valeur accordée au but, le type et les propriétés de ce but sont dans ce sens trois éléments capitaux.

Enfin, pour avoir réellement un impact sur le cours des choses, nos actions doivent être revues ou d'autres doivent être mises en œuvre. L'*auto-réaction* consiste en cette action de régulation proprement dite. Elle constitue la capacité d'influence de l'individu sur ses propres actions, réalisée à l'aide « d'auto-injonctions » de l'individu en réponse au jugement réalisé dans le sous-processus précédent (Bandura, 1986). Il s'agit donc selon nous de la prise de décision sur les comportements à mener dans le futur immédiat, en fonction de la poursuite du but fixé. Cette auto-réaction est fortement empreinte d'affects et exerce des effets motivationnels importants. Schunk (2001) décrit par exemple que l'individu qui juge son progrès vers le but acceptable et anticipe une satisfaction personnelle de l'accomplissement du but se sent efficace et décidera de continuer la réalisation de l'apprentissage ou de la tâche. A l'inverse, une évaluation négative (« Je ne progresse pas ») génère une diminution de motivation qui peut amener l'élève à abandonner le traitement de la tâche.

Le modèle en terme de sous-processus de Bandura et de Schunk ne constitue que l'un des nombreux modèles de l'apprentissage autorégulé. Il y manque cependant quelques éléments centraux dont la phase de préparation de l'action (voir notamment Zimmerman, 1998, 2000), dont nous traiterons ultérieurement.

3.3. L'apprentissage autorégulé : des composants motivationnels, affectifs, volitifs, cognitifs et de gestion des ressources

Si le modèle décrit dans la section précédente permet de comprendre globalement le fonctionnement des processus d'autorégulation, il se révèle schématique et donc bien incomplet. L'apprentissage autorégulé se caractérise par une interaction complexe entre de nombreux facteurs, d'ordre cognitif et comportemental, d'ordre affectif, motivationnel et volitif, et liés aux ressources internes et externes de l'individu. Bien plus, il ne se contente pas d'être influencé par ces facteurs, mais opère une action de gestion sur eux, en vue de construire un apprentissage performant et épanoui. Nous passons en revue ces différents facteurs et les mécanismes permettant leur régulation.

3.3.1. La régulation cognitive

Si l'apprentissage autorégulé est caractérisé par un foisonnement de facteurs, son axe cognitif est lui aussi multiple. Boekaerts (1996, 1997) propose un modèle hiérarchique des composants cognitifs de l'apprentissage autorégulé : les connaissances disciplinaires ou habiletés de base, les stratégies cognitives et les stratégies d'autorégulation cognitive (voir aussi Garcia & Pintrich, 1994, Romano, 1992). Les connaissances disciplinaires relatives à notre cadre de recherche ayant été largement décrites dans le premier chapitre de cette dissertation, nous nous attardons essentiellement aux deux types de stratégies mentionnées. Nous discuterons du terme de « stratégie » de manière plus approfondie dans le chapitre suivant. Retenons simplement pour l'instant que les stratégies constituent une forme particulière de procédures posées à la poursuite d'un but défini. Il s'agit de procédures générales, éventuellement spécifiques au type de tâche, mais rarement au domaine scolaire.

Lors d'une séquence d'apprentissage, l'individu utilise des *stratégies cognitives* afin de traiter les contenus disciplinaires et de les stocker le plus rapidement et le plus solidement possible. Une fois traités, ces contenus deviennent des connaissances. Les stratégies cognitives utilisées dans la perspective d'un apprentissage ont été décrites par Weinstein et Mayer (1986, voir aussi Weinstein & Hume, 2001). La majorité des auteurs du paradigme de l'apprentissage autorégulé reprennent aujourd'hui la différenciation entre stratégies de répétition, stratégies d'élaboration et stratégies d'organisation quand ils abordent ce composant (Boekaerts, 1996, Boulet, Savoie & Chevrier, 1996, Pintrich, 1999, Viau, 1994). Les *stratégies de répétition* (*rehearsal strategies*) visent la reproduction active des informations en vue de les fixer en mémoire à long terme. Il s'agit par exemple de répéter à haute voix un numéro de téléphone, de recopier des mots dont on

veut retenir l'orthographe, de relire une phrase qu'on veut mémoriser, d'utiliser une comptine pour retenir l'ordre de l'alphabet, … Ces stratégies nécessitent que l'apprenant soit actif dans la poursuite de l'apprentissage, mais n'exigent pas de traitement sémantique des informations.

Les *stratégies d'élaboration* (*elaboration strategies*) consistent par contre en un traitement du sens de l'information, qui vise à établir des rapports entre ce que l'apprenant sait déjà et les nouvelles données qui lui parviennent. En quelque sorte, l'apprenant utilise ses connaissances antérieures pour ajouter du sens ou de l'information à celle qu'il reçoit. Par ce fait même, la nouvelle information est rendue plus familière et plus compréhensible, et peut dès lors être retenue et réutilisée plus facilement. Il s'agit par exemple de retraduire ou résumer une idée dans ses propres mots, de créer des liens avec des connaissances déjà acquises, de créer une inférence, une image mentale, une analogie ou un exemple, d'essayer d'expliquer une idée à un tiers, …

Les *stratégies d'organisation* (*organizational strategies*) consistent également en un traitement sémantique, où l'information est découpée en une série de sous-informations interconnectées par des relations. L'apprenant met en évidence les liens entre les informations présentées, par des stratégies de soulignage, de repérage des paragraphes ou plus largement de la structure d'un texte, de classement d'items en fonction de catégories, de séparation des éléments principaux et secondaires, voire d'établissement de diagrammes, de tableaux ou de schémas, … Ces stratégies visent à mettre en évidence l'organisation interne de l'information reçue et sont donc surtout utilisées lorsque nous voulons emmagasiner une grande quantité d'informations complexes (Viau, 1994). Les stratégies d'élaboration et d'organisation constituent deux stratégies complémentaires et très proches de traitement de l'information, et exigent un coût en énergie et en efforts plus important que l'emploi de stratégies de répétition. Les recherches montrent que ces modes de traitement en profondeur permettent l'acquisition de connaissances plus solides que les modes de traitements superficiels (telle la répétition). Le traitement sémantique des stratégies d'organisation et d'élaboration serait plus efficace que le traitement structural (intérêt aux caractères physiques) des stratégies de répétition (Reed, 1999).

Selon Boekaerts (1996, 1997), ces stratégies cognitives sont hiérarchiquement supérieures aux connaissances disciplinaires puisqu'elles s'appliquent sur les connaissances antérieures de l'individu et sur les informations qui vont être transformées en connaissances. Notons cependant que ces mêmes stratégies cognitives sont elles-mêmes des connaissances stockées dans le même réseau, et sous la forme de connaissances procédurales.

Les *stratégies d'autorégulation cognitive* constituent le troisième élément de cet axe cognitif. Ce composant est nécessaire, parce que l'individu augmente progressivement le nombre de ses connaissances et stratégies cognitives en grandissant. Devant ce répertoire de connaissances à forte extensibilité, l'individu doit faire des choix et réaliser une régulation interne de ses connaissances au cours de ses apprentissages. Les stratégies d'autorégulation cognitive constituent des mécanismes de décision et de gestion de ces stratégies cognitives et des connaissances disciplinaires, et leur sont donc hiérarchiquement supérieures (Boekaerts, 1996, 1997, Romano, 1992).

Les processus d'auto-observation, d'auto-jugement et d'auto-réaction décrits dans la section 3.2 constituent une manière de modéliser ce type de stratégies. Une distinction entre stratégies de détermination du but, de planification, de contrôle et de régulation est reprise aujourd'hui plus couramment (Boulet et al., 1996, Lafortune, Jacob et al., 2000, Patrick, Ryan & Pintrich, 1999, Pintrich, 1999, Pintrich & Schrauben, 1992, Zimmerman, 2000). Constituant le cœur de notre propos, ces stratégies seront décrites de manière plus approfondie dans le chapitre suivant.

La *détermination du but* (*goal setting*) et la *planification* (*planning*) constituent les deux stratégies d'anticipation (*forethought*) ou de préparation de l'action (Winne, 1996, Zimmerman, 1998, 2000). Il s'agit de se fixer un ou des buts afin d'en prévoir les étapes de réalisation, d'anticiper et choisir les stratégies et procédures, et de se donner des critères d'évaluation pour superviser la tâche et l'évaluer (Lafortune, Jacob et al., 2000).

Contrairement à ces deux stratégies, la stratégie de contrôle (*control* ou *monitoring*) est menée au cours de l'action dans le but d'acquérir des informations sur les processus cognitifs et comportementaux en cours de déroulement. Elle correspond aux processus d'auto-observation et d'auto-jugement décrits par Bandura (1986) et Schunk (1989, 1998), bien que certains auteurs (tel Zimmerman, 2000) n'y intègrent pas la phase d'auto-jugement. Elle consiste en une phase de surveillance de son propre comportement physique et cognitif. Il s'agit de s'assurer que nos actions se posent adéquatement dans la poursuite du but, et d'évaluer le progrès réalisé vers l'atteinte de celui-ci (Lafortune, Jacob et al., 2000). Il s'agit aussi de contrôler l'exactitude des procédures menées pour traiter la tâche (Brown et al., 1983).

La stratégie de régulation (*regulation* ou *adjustment*) concerne les décisions prises par l'individu pour réajuster ses actions mentales ou physiques en fonction du résultat des actions précédentes, suite aux informations obtenues par la stratégie de contrôle. Cette régulation peut porter sur le comportement physique lui-même, sur les buts fixés ou sur le répertoire de connaissances de

l'individu (cf. chapitre suivant). Il s'agit de modifier sa démarche en apportant des correctifs ou en changeant sa stratégie (Lafortune, Jacob et al., 2000).

Le lecteur aura peut-être remarqué la proximité entre les processus d'autorégulation du modèle de Bandura et de Schunk (auto-observation, auto-jugement, auto-réaction), et les étapes de la réflexion métacognitive présentées à la section 2.3 (prise de conscience, jugement critique, décision de modification ou non). De plus, les termes d'autorégulation cognitive et de régulation métacognitive sont très proches lexicalement. Divers auteurs parlent d'ailleurs des stratégies métacognitives et des stratégies d'autorégulation cognitive comme de synonymes (Boekaerts, 1996, Pintrich, 1999, 2000, …). Qu'en est-il réellement ?

L'autorégulation cognitive concerne la gestion et le guidage par l'individu de ses propres processus cognitifs. Cette gestion étant effectuée par des processus étant eux-mêmes cognitifs, nous pouvons à proprement parler les dénommer processus métacognitifs (cf. section 2.4). D'un point de vue historique, les travaux de Ann L. Brown et de ses collaborateurs sur la régulation métacognitive constituent d'ailleurs le précurseur direct de l'autorégulation cognitive. Il convient cependant de clarifier que de nombreux travaux menés dans le cadre de la métacognition ont surtout été menés relativement aux connaissances métacognitives. A l'inverse, ceux menés au sein du paradigme de l'apprentissage autorégulé se sont essentiellement centré, quant à son axe cognitif, sur les stratégies de régulation, délaissant la question de l'implication de ces connaissances métacognitives dans les processus de régulation. Remarquons également que, comme nous le décrivons dans la suite de ce chapitre, les études et modèles de l'apprentissage autorégulé ne se sont pas cantonnés aux processus cognitifs, mais ont abordé divers types de processus, tels ceux relatifs à la motivation et aux ressources physiques et sociales.

3.3.2. La régulation motivationnelle et émotionnelle

Les modèles exclusivement cognitifs ont un pouvoir explicatif certain mais cependant limité sur la qualité de l'apprentissage et sur la réussite scolaire. Ils abordent une régulation « à froid » de l'apprentissage, où l'individu est un opérateur agissant rationnellement. La plupart des modèles de l'apprentissage autorégulé soulignent cependant que ces processus cognitifs se produisent en interaction intime avec des facteurs beaucoup plus sensibles, tels les processus motivationnels, affectifs ou émotionnels (Borkowski & Thorpe, 1994). En 1976, Flavell décrivait déjà ces déficits de production, où l'élève dispose de stratégies cognitives mais échoue à les utiliser de manière constante et consistante (voir aussi Bordeleau, 1994, Pintrich & Schrauben, 1992, Vauras, Rauhanummi, Kinnunen & Lepola, 1999, Zimmerman, 1999, Zimmerman & Martinez-

Pons, 1992). Il apparaît notamment qu'il ne suffit pas de disposer de stratégies cognitives et d'autorégulation cognitive, mais qu'il faut aussi être motivé à les utiliser (Boekaerts, 1996, 1997, Bouffard & Vezeau, 1998, Paris & Oka, 1986b, Pintrich, 1999, Pressley et al., 1990). Les facteurs motivationnels et les facteurs cognitifs peuvent être différenciés, car les premiers concernent le « pourquoi » des choix des étudiants, leur niveau d'activités et d'efforts, et leur persévérance dans les tâches scolaires, tandis que les seconds envisagent « comment » les étudiants parviennent à comprendre et maîtriser ces tâches (Garcia & Pintrich, 1994).

Une large part des recherches menées dans le cadre de l'apprentissage autorégulé s'est intéressée aux liens entre diverses représentations ou croyances motivationnelles (*motivational beliefs*) et les mécanismes cognitifs de l'autorégulation (cf. pour synthèses Montalvo & Torres, 2004, Pintrich & Schrauben, 1992, Zimmerman & Martinez-Pons, 1992). Ces représentations sont des cognitions auto-générées et référant à soi-même. Elles sont spécifiques à la situation ou au domaine, et s'activent de manière imparable lorsque l'individu reçoit et évalue une situation donnée (Bandura, 2004b, Boekaerts, 1996, 1997). Parmi les plus connues figure le sentiment d'efficacité personnelle (*self-efficacy*), qui réfère aux croyances de l'individu sur sa capacité à organiser et exécuter l'ensemble des actions requises pour accomplir une tâche définie (Bandura, 1986, 2003, 2004a, Schunk, 1985b, Pajares, 1996). De nombreuses études ont montré des corrélations positives entre cette représentation motivationnelle et les stratégies d'autorégulation (Bouffard, 1998, Fuchs et al., 2003, Pintrich, 1999, Pintrich & De Groot, 1990, Zimmerman & Martinez-Pons, 1990). D'autres croyances motivationnelles ont démontré des liens significatifs avec les mesures des stratégies d'autorégulation. Citons par exemples la perception de contrôlabilité, la valeur attribuée à la tâche (*task value*), l'intérêt (*interest*), les croyances attributionnelles (*attributional beliefs*), l'orientation motivationnelle des buts (*goal orientation*) ou l'estime de soi (*self-esteem*).

Ces croyances génèrent un contexte motivationnel et affectif positif ou négatif qui favorise ou au contraire entrave la mise en œuvre de processus autorégulateurs. Plus précisément, il apparaît que les stratégies d'autorégulation jouent un rôle médiateur dans la relation entre les représentations motivationnelles et la performance scolaire (Baiwir, Focant & Grégoire, 2004, Borkowski et al., 1990, Pintrich & Schrauben, 1992, Viau, 1994). Les croyances motivationnelles détermineraient un niveau d'engagement cognitif de l'individu. Ce niveau d'engagement générerait notamment une utilisation plus (ou moins) importante des stratégies d'autorégulation cognitive connues par l'individu. Cette utilisation permettrait alors d'aboutir à

des issues plus (ou moins) favorables quant à la performance scolaire (cf. section 4 du chapitre 3).

A l'inverse, Kanfer et Hagerman (1987), et Pintrich et Schunk (1996, 2002), décrivent que les processus autorégulateurs ont de grandes propriétés motivationnelles, car ces processus fournissent une direction et un état final aux comportements. Certains travaux ont en effet montré que l'utilisation de processus d'autorégulation cognitive comme la détermination du but et le monitoring permet de développer des perceptions de soi plus positives comme la croyance en sa capacité de réussir un type de tâche (Fuchs et al., 2003, McCombs & Pope, 2000, Schunk, 1985a, Zimmerman & Kitsantas, 1999). Ces derniers travaux ont certes été moins nombreux que les précédents, mais nous amènent à considérer la relation entre représentations motivationnelles et processus cognitifs non comme un canal à sens unique, mais comme une interaction et une influence à double sens.

Parallèlement aux représentations motivationnelles, les *aspects émotionnels* semblent jouer un rôle important dans la mise en œuvre des mécanismes cognitifs. L'émotion académique est une émotion qui est directement liée avec l'apprentissage, les instructions dans la classe, et la réussite (Pekrun, Goetz, Titz & Perry, 2002). Elle est une sensation qui est souvent courte, intense et spécifique (Pintrich & Schunk, 2002). Si l'anxiété au test a été particulièrement étudiée (pour synthèse, cf. Zeidner, 1998), les travaux de Pekrun et de ses collaborateurs (2002) ont décrit la diversité importante des émotions qui traverse les élèves dans leur scolarité. En cours de tâche ou d'apprentissage, l'individu rapporte des émotions d'ennui, de désespoir et d'anxiété, mais aussi de plaisir d'exécuter la tâche ou l'apprentissage, de joie d'une réussite anticipée ou de l'espoir de réussite. Après la tâche, il évoque des émotions de tristesse, de désillusion, de honte, de culpabilité, mais aussi de joie d'avoir réussi, de satisfaction, de fierté et de soulagement. Au niveau social (rapport avec l'enseignant ou ses pairs), il éprouve de la colère, de la jalousie, de l'envie, du mépris, de l'antipathie et de la haine, mais aussi de la gratitude, de l'empathie, de l'admiration, de la sympathie et de l'amitié.

La littérature qui articule états émotionnels et processus d'autorégulation cognitive n'en est encore qu'à ses balbutiements. Pekrun et al. (2002) ont étudié, auprès d'étudiants universitaires, les liens entre diverses variables émotionnelles et les stratégies d'autorégulation cognitive. Il y apparaît surtout des relations significatives quant à la plupart des émotions, positives pour les émotions de joie et d'espoir, et négatives pour les émotions d'anxiété et d'ennui.

Si les représentations motivationnelles et les émotions sont des facteurs qui influencent considérablement la mise en œuvre des processus cognitifs d'autorégulation, l'individu peut ne pas subir ces manifestations, mais agir pour générer des sensations et représentations positives, pour diminuer l'apparition et le développement d'émotions ou représentations négatives ou pour en contrôler l'impact. On observe chez divers auteurs cette nécessité d'une prise en charge proactive de la motivation et des émotions (Boekaerts, 1997, 1999, Masui & De Corte, 1999, Viau, 1994). Boekaerts (1999) décrit par exemple le contrôle de la motivation en tant que capacité de l'individu d'activer des scénarios positifs qui donnent une valeur à la tâche et permettent de se considérer comme compétent pour la réussir.

Kuhl (1984) et Corno (1993) proposent dans ce sens la distinction entre la motivation et la volonté. La motivation concerne le moment de l'analyse prédécisionnelle (prise de décision et détermination des buts), tandis que la volonté fait référence au temps du traitement postdécisionnel (activités engagées et régulées dans la poursuite des buts fixés). L'individu doit donc d'une part générer des représentations motivationnelles positives au départ de la tâche, afin de s'engager réellement dans son traitement (contrôle motivationnel pour *initier* l'effort), et d'autre part protéger par la suite ces buts poursuivis de buts alternatifs et compétitifs (contrôle volitif pour *maintenir* l'effort). La volonté est alors la force du vouloir, c'est-à-dire la capacité à s'atteler à la tâche dans la poursuite du but, et la persévérance face aux difficultés (Corno, 1986, 1993). Durant la recherche de l'atteinte d'un but, l'individu doit en effet protéger son intention d'apprendre de distracteurs et d'intentions compétitives (regarder par la fenêtre, aller jouer au football, …). Ces mécanismes ont été étudiés dans le cadre du contrôle volitif, notamment au sein de la théorie du contrôle de l'action (Corno, 2001, Kuhl, 2000). Parallèlement à cette théorie, divers auteurs abordent aujourd'hui l'idée de régulation motivationnelle et en ont progressivement précisé les mécanismes (Boekaerts, 1996, 1997, Garcia & Pintrich, 1994, Op't Eynde & De Corte, 2001, Pintrich, 2000).

Diverses stratégies sont utilisées pour générer de tels scénarios (Wolters, 1998, Wolters & Rosenthal, 2000, voir aussi Boekaerts, 1996, Corno, 1993, 2001, Pintrich, 2000, Pintrich & Schunk, 2002) : se promettre et se donner des récompenses, envisager les conséquences négatives en cas d'abandon de la tâche et positives en cas d'achèvement, identifier des buts prioritaires et les intensifier, se représenter mentalement le but à atteindre ou une intention comportementale, identifier des sous-buts (pour éviter d'être découragé devant l'ampleur du travail), se représenter un but de performance, s'engager cognitivement dans la tâche sans analyser son intérêt réel, visualiser le travail réalisé avec succès en cours de tâche, chercher des

manières de faire le travail avec amusement ou sous forme de défi, envisager la tâche sous ses aspects les plus créatifs, se donner des auto-instructions, générer des pensées positives, analyser les échecs pour diriger un second essai, chercher l'utilité de l'activité vis-à-vis de ses buts personnels, rechercher un contact social pour rendre le travail plus interactif ou se convaincre qu'il va être difficile de réussir pour se motiver à mettre plus d'efforts en place.

Certaines de ces stratégies sont exclusivement motivationnelles ou volitives, mais bien souvent les mêmes stratégies peuvent être utilisées autant au départ de la tâche qu'en cours de tâche. Nous observons également que certaines stratégies constituent des processus d'ordre cognitif et métacognitif, et retrouvons donc l'idée d'une influence positive de ces mécanismes sur les représentations motivationnelles (cf. supra). Nous remarquons enfin que ces stratégies peuvent agir en fonction de conséquences externes ou au contraire en fonction de la valeur intrinsèque à la tâche (cf. Wolters, 1998).

Parallèlement à ces processus de contrôle de la motivation, divers auteurs évoquent la nécessité de mettre en oeuvre des processus de contrôle des émotions (Bandura, 2004b, Pintrich & Schunk, 2002). En nous en inspirant, nous citons les exemples de relâcher sa respiration pour laisser tomber le stress, de générer des diversions (se chanter quelque chose à soi-même), chercher des émotions positives suite à des parties de la tâche réussies avec succès (fierté, encouragement, …), se rappeler ses forces et ses ressources, tenter de se rassurer en contrant rationnellement les sensations négatives (« Pourquoi t'en fais-tu ? Tu sais que tu vas réussir ! »). Pintrich (2000) décrit également que les apprenants utilisent les émotions pour augmenter leur motivation. Certains étudiants vont par exemple générer des émotions de honte ou de culpabilité (« Mes parents se saignent pour me payer des études ») s'ils ne travaillent pas, pour se motiver à le faire.

3.3.3. La régulation des facteurs contextuels et environnementaux

Parallèlement à ces facteurs motivationnels, de nombreuses variables contextuelles et environnementales influencent les processus de l'autorégulation cognitive et la performance scolaire. Nous ne pouvons pas passer en revue l'ensemble de ces influences, mais nous attarderons seulement d'une part sur les croyances liées au contexte scolaire et d'autre part sur la manière dont l'individu tente de réguler certains aspects environnementaux. Comme dans les axes cognitifs et motivationnels de l'apprentissage autorégulé, notons que ces croyances constituent des représentations, qui peuvent donc être erronées.

Op't Eynde et De Corte (2001, voir aussi Lafortune, Mongeau et Pallascio, 2000, Pintrich, 2000) envisagent les croyances en lien à un apprentissage scolaire, et les croyances liées au contexte scolaire social. Les premières sont étudiées par ces auteurs dans le cadre des mathématiques. Les *croyances relatives à l'éducation mathématique* concernent la perspective avec laquelle les élèves abordent les mathématiques et les tâches mathématiques (Schoenfeld, 1985). Ils distinguent les croyances à propos des mathématiques comme matière (« Les maths contiennent plusieurs sous-domaines tels l'algèbre et la géométrie, qui n'ont rien à voir entre eux »), les croyances à propos de l'apprentissage mathématique (« Une démonstration mathématique doit s'étudier par cœur »), et les croyances à propos de l'enseignement mathématique (« Un bon prof de math montre pas à pas comment tu dois résoudre un problème avant que tu ne doives résoudre des problèmes similaires seul »).

Les *croyances à propos du contexte scolaire social* concernent la perception des normes de la classe qui dirigent le comportement des élèves et de l'enseignant dans leur classe spécifique. Il s'agit des croyances sur le rôle et le fonctionnement de l'enseignant dans une dimension cognitive (comment l'enseignant organise l'instruction et les activités dans la classe ?) et motivationnelle (quel soutien donne-t-il à la motivation des élèves ?), et des croyances sur le rôle et le fonctionnement des étudiants (« Comment devons-nous nous comporter pour répondre aux attentes de l'enseignant d'une part et du groupe de pairs d'autre part ? Dans notre classe, tout le monde apprécie quand on coopère au cours de mathématique »).

Au carrefour entre ces deux types de croyances se situent les *croyances à propos des normes socio-mathématiques dans la classe*. Il s'agit de la représentation des règles relatives à l'apprentissage mathématique et strictement spécifiques à la classe ou l'école. Selon Pintrich (2000), certaines de ces normes sont relatives au format de réponses (« dans une résolution de problème, il faut écrire les données schématiquement et terminer en formulant une phrase qui donne la réponse »), d'autres aux règles de fonctionnement et aux interdits de la classe (« lors d'une interrogation écrite, il est interdit de parler même pour demander une gomme »). Pintrich (2000) y ajoute le *climat de la classe*, qui dépend en grande partie de l'enseignant (chaleur et enthousiasme de l'enseignant, sentiment d'équité et de justice dans la classe, …).

Cet ensemble de croyances influencent considérablement la manière de se comporter des élèves lors d'un apprentissage. Similairement aux connaissances métacognitives décrites dans le chapitre précédent, ces croyances sont prises en compte par l'individu lorsqu'il poursuit un but scolaire, et sont ajustées ou adaptées plus souvent à la fin de la séquence qu'au cours de celle-ci. Pintrich (2000) insiste sur la difficulté de réguler le contexte scolaire d'apprentissage, car celui-ci

est souvent peu contrôlable par l'apprenant (surtout dans les méthodes d'enseignement traditionnel).

En dehors de ces variables concernant directement le contexte scolaire, d'autres variables environnementales physiques et sociales ont été prises en compte dans les modèles de l'apprentissage autorégulé (voir surtout Zimmerman & Martinez-Pons, 1990). Elles ont le plus souvent été abordées non en terme de leur influence sur les variables cognitives de l'autorégulation, mais directement en terme de régulation sous le terme « stratégies de gestion des ressources ». Il s'agit de stratégies qui permettent à l'apprenant d'adapter son environnement de sorte qu'il corresponde à ses besoins (Pintrich, 1999). Divers types de stratégies ont ainsi été montrées utiles pour une performance scolaire optimale : la gestion des ressources humaines et matérielles, ainsi que la gestion du temps et du lieu d'apprentissage (Boulet et al., 1996, Zimmerman & Martinez-Pons, 1986).

La *gestion des ressources matérielles* permet à l'étudiant d'organiser et de gérer son environnement d'étude en l'aidant à reconnaître le matériel disponible et approprié, et en lui permettant d'en faire une gestion efficace et adaptée à ses besoins et à ses forces et faiblesses (Boulet et al., 1996). La gestion des supports matériels consiste par exemple en la gestion de l'utilisation de livres de la bibliothèque, du dictionnaire ou d'une encyclopédie, de matériel audiovisuel, de ses propres notes personnelles ou des notes d'un tiers, d'un syllabus de cours, d'une calculatrice, d'une horloge, … Selon Boulet et al. (1996), elle nécessite d'une part d'identifier quelles sont les ressources disponibles et appropriées, et d'autre part d'utiliser ces ressources en fonction de ses besoins. La stratégie de recherche d'informations de Zimmerman et Martinez-Pons (1986) est caractéristique de cette gestion. Il s'agit selon ces auteurs des efforts initiés par l'étudiant pour obtenir de l'information supplémentaire à partir de sources non sociales quand il entreprend une tâche.

La *gestion des ressources humaines* permet à l'apprenant de profiter du soutien des ressources humaines disponibles. Comme décrit dans le paragraphe précédent, elle nécessite d'une part que l'élève apprenne à reconnaître les ressources disponibles (pairs, enseignants, parents, …), et d'autre part qu'il sollicite leur appui. L'élève demandera par exemple des précisions sur une consigne mal comprise à l'enseignant ou des explications sur une matière difficile à ses parents ou son frère, tentera de travailler en groupe, de se faire interroger par un tiers pour vérifier l'état de sa connaissance, … Un des éléments caractéristiques de cette gestion est la recherche d'aide ou recherche d'assistance sociale (Zimmerman & Martinez-Pons, 1990). Selon les situations, le type de stratégies peut être adapté ou non en vue d'un apprentissage à long terme. Demander un

éclaircissement sur une matière que l'on n'a pas bien comprise est bien évidemment faire preuve d'un caractère proactif envers son apprentissage. Par contre, l'élève qui recopie un devoir sur un pair a cherché de l'aide peu constructive dans la perspective de cet apprentissage. L'apprenant autorégulé a trop souvent été considéré comme l'élève étant capable de contrôler ses résultats scolaires de manière indépendante et autonome, sans l'aide de quiconque. A l'instar de Newman (1994), nous pensons au contraire que la recherche d'aide est utile sous certaines conditions, dans un équilibre entre autonomie et assistance. L'apprentissage autorégulé ne sous-entend pas selon nous apprentissage solitaire, mais apprentissage qui reste sous la main ou le contrôle de l'apprenant.

La *gestion du lieu d'apprentissage* vise à créer un environnement physique propice à l'apprentissage. Selon Zimmerman et Martinez-Pons (1990), il s'agit de la structuration de l'environnement : efforts initiés par l'étudiant pour sélectionner ou arranger le cadre physique afin de rendre l'apprentissage plus facile. Elle concerne, selon Viau (1994), autant le local d'étude (choisir ou aménager un lieu calme, suffisamment éclairé et aéré), la place en classe (rester devant pour mieux entendre sans être perturbé par les élèves turbulents) et la position (se tenir droit au lieu de s'affaler sur sa chaise afin de d'être plus tonique). Une des enjeux les plus importants de cette structuration de l'environnement est la gestion du bruit, qui vise généralement l'installation dans un endroit calme pour pouvoir mieux se concentrer (Boulet et al., 1996).

La *gestion de l'organisation du travail dans le temps* concerne deux situations différentes : la planification du travail scolaire et la répartition entre travail scolaire et loisirs (Zimmerman et al., 2000). C'est généralement la première de ces deux situations qui est explorée. Selon Pintrich (2000), celle-ci implique l'établissement de plans et d'horaires pour l'étude et l'allocation de temps aux différentes activités. Ces plans définissent le rythme de travail (de longues heures sans s'arrêter ou avec de nombreuses pauses ?) et le temps privilégié pour le travail (préférence pour le matin ou pour le soir ?) (Viau, 1994). Les activités prioritaires y sont définies en fonction de divers critères, tels le poids du travail pour la réussite, l'urgence et le côté ardu de sa réalisation. L'élève aura par exemple tendance à étudier l'interrogation du lendemain plutôt que celle ayant lieu une semaine plus tard, il préférera commencer par la matière la plus complexe afin d'en être débarrassé, ou à l'inverse par le contenu le plus trivial pour se mettre en jambes. La manière de procéder dans l'établissement de ces plans et horaires peut également varier selon qu'il s'agisse d'une période de travail scolaire régulier ou en situation de préparation d'examens (Boulet et al., 1996).

4. Conclusion

L'apprentissage autorégulé est caractérisé par un élève qui prend sa place au centre de son apprentissage de manière proactive. Il ne se contente pas de subir les facteurs positifs et négatifs qui influencent inévitablement l'acquisition de connaissances, mais tente de les moduler afin d'établir un contexte positif à un apprentissage de qualité. Ainsi, il utilise des stratégies pour contrer ou minimiser ses états émotionnels entravants et ses représentations motivationnelles négatives. Il en utilise d'autres pour développer (voire créer) des émotions et des croyances positives qui stimulent son envie d'apprendre et de réussir. Il tente de générer des sensations positives sur soi, une confiance et un bien-être. A l'aide d'autres stratégies, il établit des buts et des intentions. Il tente ensuite de les protéger de l'invasion de préoccupations diverses, parfois fortes et identitaires, qui risquent d'entraver sa concentration et ses ressources internes diverses. Ces préoccupations doivent être mises entre parenthèses pour un temps déterminé afin d'allouer le maximum de ressources à la poursuite du but en cours. Il ne subit pas son environnement d'apprentissage, mais tente d'agir sur lui en modulant le contexte dans lequel il travaille, et en utilisant les ressources externes qui sont à sa disposition. Grâce à ces diverses stratégies motivationnelles, émotionnelles, affectives, volitives et environnementales, il tente d'élaborer un contexte de travail favorable à un engagement cognitif optimal.

Une fois ce contexte favorable établi, l'individu doit gérer une variété de composants cognitifs. Les connaissances disciplinaires sont en effet capitales mais insuffisantes à la réalisation de tâches scolaires. Les stratégies cognitives viennent alors à la rescousse pour traiter la tâche de manière adaptée, mais sont elles aussi insuffisantes. Il ne suffit en effet pas de disposer de connaissances et de stratégies cognitives, il faut être capable de les sélectionner, de les utiliser et de les contrôler lorsque la situation leur est appropriée. Les stratégies de régulation cognitive (autrement appelées stratégies métacognitives) permettent l'utilisation et la combinaison adéquate de ses connaissances et stratégies en vue d'une performance optimale (Kanfer & Hagerman, 1987). Notons cependant que, comme nous en avons fait la remarque pour la métacognition dans la section 2.4, le terme de stratégies d'autorégulation cognitive est souvent utilisé de manière peu consistante. Synonyme de stratégies métacognitives, cette appellation devrait couvrir exclusivement les stratégies portant sur des processus cognitifs ou leurs résultats mentaux (cf. section 3.3.1). L'utilisation de ce terme est pourtant souvent beaucoup plus large, incluant des processus cognitifs portant sur des résultats non mentaux de processus cognitifs antérieurement menés (contrôle de l'exactitude d'un résultat arithmétique par exemple).

Sur un autre plan, nous préférerions la dénomination d'autorégulation de l'apprentissage à celle d'apprentissage autorégulé, car cette appellation souligne le caractère conscient et actif de l'apprenant. De plus, si la majorité des travaux ont été menés en terme d'apprentissage, les processus décrits dans ce chapitre sont également utilisés par l'élève pour la réalisation de tâches scolaires, tels les exercices en classe, les interrogations écrites ou les devoirs à faire après les heures scolaires. Nous appelons ces tâches « *situations de production* », car leur enjeu n'est plus d'acquérir de nouvelles connaissances, mais *d'utiliser des connaissances antérieurement acquises pour produire des performances à des tâches spécifiques*. On observe d'ailleurs une confusion dans la littérature dans l'emploi de ces mécanismes au sein de tâches scolaires ou en vue d'apprentissages (Boekaerts, 2002, Zimmerman, 2000).

Comme nous l'avons déjà évoqué plus haut, les processus étudiés empiriquement au cours de notre travail doctoral ne concernent pas les mécanismes d'autorégulation visant la mise en place d'un contexte favorable, ni les connaissances métacognitives « à froid » maîtrisées par l'élève, mais s'attachent directement aux *stratégies d'autorégulation visant à la gestion et l'optimalisation des processus cognitifs et de leurs résultats mentaux ou non* (autorégulation cognitive « au sens large »), *dans des situations de production* (résolution de problèmes arithmétiques). Ces stratégies, que nous appellerons simplement « stratégies d'autorégulation » dans la suite de cette dissertation, sont décrites de manière plus approfondie dans le chapitre suivant.

Chapitre 3 : Les stratégies d'autorégulation

1. Introduction

Constatant que la maîtrise des connaissances disciplinaires est nettement insuffisante à la réussite d'activités de résolution de problèmes arithmétiques, nous avions conclu notre premier chapitre en supposant la nécessité d'une capacité du sujet à faire face au caractère complexe et novateur de ces tâches scolaires. Comme nous l'avions évoqué, les stratégies d'autorégulation réalisent selon nous cette fonction d'organisation et de supervision qui permet d'optimaliser la performance scolaire en fonction des connaissances disciplinaires du sujet.

Nous développons de manière plus approfondie cette question dans ce chapitre. Nous décrivons dans une première section pourquoi la complexité des tâches génère une difficulté particulière chez l'élève. Nous y définissons l'idée de complexité cognitive en exposant le rôle de la mémoire de travail, et les contraintes qu'elle impose dans des traitements cognitifs variés. Nous expliquons également comment nous pouvons contourner ces limites en utilisant divers stratagèmes.

Nous exposons ensuite de manière plus détaillée les stratégies de détermination du but, de planification, de contrôle et de régulation : ce qu'elles sont, comment elles sont structurées, comment elles fonctionnent, quel rôle elles jouent dans le processus d'autorégulation. Nous les opérationnalisons au contexte de la résolution de problèmes arithmétiques, et argumentons en quoi elles nous semblent utiles en vue de la performance scolaire dans ce type d'activités complexes.

Nous évaluons dans des sections ultérieures divers aspects spécifiques des stratégies d'autorégulation : quels liens empiriques ont été montrés en rapport à la performance scolaire ? comment se développent ces stratégies dans le contexte scolaire ? quelles méthodes d'évaluation pouvons-nous utiliser et lesquelles apparaissent les plus fiables ? Nous concluons en retraçant les points centraux développés au sein de ce chapitre majeur, et en proposant diverses pistes de recherche qui détermineront directement nos études empiriques.

2. Mémoire de travail et charge cognitive

2.1. La mémoire de travail et ses limites

Toute information provenant de notre environnement nous arrive à travers nos récepteurs visuels, auditifs, olfactifs, kinesthésiques ou tactiles, et se fixe dans une première instance appelée

mémoire sensorielle. Ce type de mémoire permet de retenir une part relativement importante d'informations perçues mais non encore analysées (Siegler, 2001). La mémoire sensorielle serait limitée à une durée d'environ 200 à 300 millisecondes (Lemaire, 1999, Richard, 1998, Tardif, 1992). Si durant cet intervalle de temps, l'information n'est pas transférée en mémoire de travail, elle est oubliée et donc perdue.

La *mémoire de travail* est la partie de la mémoire chargée de la conservation et du traitement de l'information en cours. Elle est considérée comme le lieu de la conscience, c'est-à-dire le lieu où se déroulent tous les processus cognitifs conscients (Cooper, 1998, Paas, Renkl & Sweller, 2003, Tardif, 1992). Anciennement appelée mémoire à court terme, elle avait essentiellement pour rôle de conserver temporairement l'information en attendant son intégration au réseau de la mémoire à long terme. Cette *mémoire à long terme* contient l'ensemble de nos connaissances déclaratives et procédurales (Siegler, 2001). Sa capacité est illimitée et l'information y est stockée indéfiniment, sous la forme d'un réseau de connaissances.

Le changement de nom en mémoire de travail a mis en évidence le caractère actif de ce système, plutôt que sa durée de conservation de l'information (Lemaire, 1999). La fonction de la mémoire de travail est alors, en terme d'apprentissage, de proposer un espace permettant un traitement de l'information provenant de la mémoire sensorielle en vue de la préparer à son transfert en mémoire à long terme. Ce changement de terme souligne également que la fonction de ce type de mémoire concerne le traitement de l'information en cours de tâches autres que l'apprentissage, telle la résolution de problèmes (Richard, 1998). Dans ce deuxième type de tâche, la mémoire de travail acquiert, conserve et traite d'une part les informations relatives à la tâche ou situation actuelle (c'est-à-dire provenant de l'environnement via la mémoire sensorielle), et d'autre part celles activées depuis la mémoire à long terme (connaissances antérieures). Nos connaissances ne pourraient en effet pas être traitées directement depuis la mémoire à long terme : toute information contenue en mémoire à long terme serait inconsciente, jusqu'à ce qu'elle soit ramenée en mémoire de travail (Kirschner, 2002).

Les activités de traitement évoquées ci-dessus sont des opérations mentales visant à organiser, contraster, comparer ou travailler sur l'information (Carlson, Chandler & Sweller, 2003, Haberlandt, 1994, Kirschner, 2002, Siegler, 2001). Elles seraient réalisées au sein du système central exécutif décrit par Baddeley (1986, 1992). En plus de ce système central, la mémoire de travail contiendrait selon cet auteur plusieurs systèmes esclaves (la boucle articulatoire ou phonologique et le calepin visuo-spatial) ayant pour fonction la conservation temporaire des informations à traiter (voir aussi dans Brown et al., 1983, English & Halford, 1995, Umilta &

Stablum, 1998). Il convient donc de distinguer avec précision le stockage (répertoire fourni par les systèmes esclaves) et le traitement (réalisé au sein du système central exécutif).

Tout comme la mémoire sensorielle, la mémoire de travail est limitée en espace et en temps. Quant à la perspective temporelle, il apparaît que la précision de l'information rappelée diminue progressivement pour disparaître tout à fait après 20 à 30 secondes (Reed, 1999). De nombreux auteurs ont dès lors considéré que la *durée de stockage efficace* de l'information est d'environ 15 secondes (Lemaire, 1999, Tardif, 1992). La stratégie d'autorépétition mentale, sorte de voix intérieure répétant l'information à conserver au sein de la boucle phonologique du système de Baddeley, permet cependant de maintenir l'information en mémoire de travail durant un temps plus long (Haberlandt, 1994, Lemaire, 1999, Richard, 1998, Siegler, 2001). Elle peut être menée de manière automatique ou consciente et contrôlée (Haberlandt, 1994). Cette limite temporelle peut s'expliquer par l'effacement pur et simple de l'information après cette durée (détérioration), mais plus vraisemblablement c'est l'interférence entre informations nouvelles et anciennes qui précipite cet effacement (Baddeley, 1986, 1992, Lemaire, 1999, Reed, 1999). Richard (1998) parle de cette limite temporelle comme du caractère de labilité de la mémoire de travail.

Les travaux de Miller (1956) ont mis en évidence que l'individu peut intégrer en mémoire de travail sept items (« le nombre magique »), plus ou moins deux. Il s'agit d'une *limite de la quantité des informations* qui peuvent y être maintenues. La mémoire de travail constitue le « goulot » du système humain de traitement de l'information (Gagné, 1985, cf. aussi Bannert, 2002, Pollock, Chandler & Sweller, 2002, Tardif, 1992), car elle est un lieu de stockage, conscient mais limité en espace, situé entre le répertoire potentiellement illimité de nos connaissances en mémoire à long terme et l'ensemble infini des informations disponibles dans l'environnement. Cette limite se pose cependant en terme du nombre d'unités signifiantes plutôt qu'en terme du nombre d'unités physiques (Siegler, 2001), et les unités d'information peuvent donc être de tailles très diverses (English & Halford, 1995, Tardif, 1992). Il est aussi facile de rappeler une série de trois mots non reliés et comprenant trois lettres chacun (mon, tir, sur), que trois lettres non reliées (f, p, c).

Si la mémoire de travail est rapidement encombrée par le nombre des éléments ou des « unités d'information » qui y sont contenues, le travail de traitement y occupe lui aussi une place importante (Baddeley, 1992, Hoc, 1996, Richard, 1998). L'encombrement des ressources cognitives est très rapide dans des tâches scolaires, puisque non seulement l'individu doit encoder (informations en provenance de la mémoire sensorielle) ou activer (depuis la mémoire à long terme) certaines connaissances, mais il doit également mettre en œuvre des processus

coûteux de traitement (utilisation de stratégies diverses notamment). Kirschner (2002) indique que nous ne pouvons vraisemblablement activer que deux ou trois items d'informations simultanément quand nous voulons traiter l'information. Cette limite de la capacité de la mémoire de travail en terme des unités d'information et en terme des processus de traitement de celles-ci a été plus largement abordée sous le concept de charge cognitive.

2.2. Charge cognitive et complexité

La charge cognitive concerne le montant total de l'activité mentale imposée en mémoire de travail dans une situation et un temps précis (Cooper, 1998). Par exemple, elle considère l'occupation spatiale de la mémoire de travail chez un individu traitant un problème arithmétique au temps x de sa résolution. Elle envisage la contenance de la mémoire de travail à la fois en terme du nombre d'éléments qui peuvent y être intégrés, et en fonction du traitement effectué en son sein sur ces éléments. Cette théorie s'est intéressée plus particulièrement à décrire quels paramètres génèrent, lors d'une activité mentale, un encombrement plus important de l'espace de la mémoire de travail.

La charge cognitive d'un traitement serait à la fois déterminée par la nature inhérente du matériel (charge cognitive intrinsèque), et par la manière dont l'information est présentée à l'apprenant (charge cognitive extrinsèque) (Pollock et al., 2002). La charge cognitive intrinsèque, qui nous intéresse particulièrement dans notre travail doctoral, est la part de charge cognitive qui est encombrée par les caractéristiques intrinsèques de la tâche et donc non modifiable par la présentation des informations (Bannert, 2002, Cooper, 1998, Kirschner, 2002). Ces caractéristiques sont relatives à la complexité de l'information : plus l'information est complexe, plus sa charge cognitive intrinsèque est importante (Pollock et al., 2002, Sweller, 1994). La question de la charge cognitive intrinsèque ou de la complexité de l'activité a été élucidée en terme de la manière dont les éléments interagissent (Carlson et al., 2003, Cooper, 1998 , Halford, Wilson & Phillips, 1998, Halford, 1999, Paas et al., 2003, Pollock et al., 2002, Sweller, 1994). Certaines informations peuvent être traitées séparément (ou séquentiellement), sans référence aux autres items, parce que les éléments n'interagissent pas. L'information est alors dite de basse interactivité, car seul un nombre limité d'éléments doivent être activés et traités en mémoire de travail à un temps donné. Sweller (1994) donne l'exemple des paires de mots à retenir et dont le second terme devra être rapporté à la présentation du premier. Ces paires de mots peuvent être apprises indépendamment les unes des autres, et sont donc de basse interactivité. A l'inverse, un contenu à haut degré d'interactivité concerne des éléments qui ne peuvent être compris isolément

et qui nécessitent dès lors l'activation simultanée de nombreux éléments en mémoire de travail. Les résolutions de problèmes sont généralement typiques de ce type d'activité à haute complexité, puisque bon nombre des données doivent être activées en même temps dans l'élaboration de solution.

Halford (1999, English & Halford, 1995) décrit cette notion d'interactivité sous les termes de relations et d'arguments. La complexité est déterminée chez cet auteur par un lien créé entre une relation R et un ou plusieurs arguments a, b, c, … Cette relation s'exprime sous forme mathématique R (a,b,c, …). Par exemple, l'expression > (3,2) examine les relations de grandeur entre les chiffres 3 et 2. Le *nombre d'arguments*, c'est-à-dire d'éléments devant être intégrés au sein d'une relation, détermine le nombre de dimensions, et la complexité est exprimée par ce nombre de dimensions indépendantes traitées en parallèle (Halford, 1993). Quatre intensités de complexité de relations peuvent être rencontrées. Les relations unitaires contiennent une relation et un argument. Il s'agit par exemple d'un état {HEUREUX (Tom)}, d'une action {MARCHE (Tom)}, d'un attribut {GRAND (Tom)} ou d'une relation de l'ordre des catégories {CHIEN (Fido)}. Les relations binaires contiennent une relation et deux arguments. L'expression > (3,2) présentée ci-dessus en est un exemple. Les relations ternaires contiennent une relation et trois arguments. Les opérations arithmétiques de base permettent de définir de telles relations : l'expression + (3,2,5) évoque l'addition de deux nombres pour en former un troisième, appelé la somme. Les relations quaternaires comprennent une relation et quatre arguments, et constituent des compositions de relations binaires, telles les rapports de fractions {> (3/4, 5/8)} et les proportions {= (3/4, 6/?)}. L'homme adulte pourrait difficilement traiter plus de quatre dimensions en parallèle sans augmenter de manière importante le taux d'erreurs (Halford et al., 1998).

De manière complémentaire à la définition de la complexité proposée par Halford en terme du nombre d'éléments interagissant au sein de la même relation, Sweller (1994) décrit que la charge cognitive intrinsèque est déterminée par le *nombre d'interactions* nécessaires entre les éléments (voir aussi Ayres, 2001). En arithmétique de base, ces interactions ou relations sont posées en terme d'opérations d'addition, de soustraction, de multiplication ou de division, et correspondent donc aux étapes de résolution. Ainsi, le problème présenté en figure 3.1 nécessite différentes interactions entre les données pour parvenir à la résolution :

- une interaction (multiplication) entre le nombre de caisses (9) et le nombre de tomates par caisse (43) ;

- une interaction (division) entre le nombre de kg de tomates achetés chez le deuxième marchand (42) et le nombre moyen de tomates au kg (6) ;
- une interaction (addition) entre le nombre de tomates achetées chez le premier fermier (résultat de l'interaction 1) et chez le deuxième fermier (résultat de l'interaction 2).

Trois interactions portées sur des données différentes sont nécessaires à la résolution, nous dirons dès lors que ce problème est d'une complexité de niveau 3. En relation avec la théorie d'Halford, le nombre d'éléments présents dans chaque relation est invariable dans le cadre de nos problèmes. Il s'agit en effet toujours de relations ternaires, entre trois éléments ou données quantitatives : deux données et un résultat (English & Halford, 1995). La résolution de ce problème ne nécessite un passage successif que par des relations ternaires. Cependant, le fait que diverses relations ternaires doivent être combinées détermine une charge cognitive importante et difficilement gérable telle quelle par l'individu. Divers mécanismes doivent alors permettre une réduction de cette charge, comme nous le présenterons dans la section suivante.

> Un marchand va acheter des tomates chez deux fermiers. Chez le premier fermier, il achète 9 caisses de 43 tomates. Chez le deuxième fermier, il achète 42 kg de tomates. Il sait que dans un kg de tomates, il y a en moyenne 6 tomates. Combien le marchand a-t-il acheté de tomates ?

Figure 3.1. Problème arithmétique : « l'achat des tomates ».

Remarquons que la charge cognitive intrinsèque, telle qu'opérationnalisée par Sweller (1994), répond d'un rapport entre la tâche et les connaissances de l'individu. Un élève peut résoudre un problème en trois étapes, alors qu'un autre, manquant d'une connaissance disciplinaire importante, doit contourner ce manque par l'application de processus alternatifs qui peuvent être plus longs en terme de relations. Le problème sera donc plus complexe pour ce deuxième élève que pour le premier. Ceci est une autre manière de rendre compte du caractère subjectif ou relatif des situations problèmes (tel que décrit dans le chapitre 1), et de l'influence directe des connaissances disciplinaires préalables sur la complexité (Valcke, 2002).

2.3. Gérer la charge cognitive de la tâche en cours

Lorsque la complexité du traitement devient trop importante dans l'accomplissement d'une tâche, divers mécanismes doivent être utilisés par l'individu pour la diminuer, sous peine de rester incapable de traiter cette tâche ou de le faire dans des dimensions partielles seulement, générant inévitablement des erreurs (Ayres, 2001, English & Halford, 1995). Bon nombre d'études ont été menées dans le cadre de la théorie de la charge cognitive sur les moyens de réduire la complexité de l'information à apprendre aux élèves en fonction de la présentation de ces informations, en rapport donc avec la charge cognitive extrinsèque (Bannert, 2002, Yeung, Jin & Sweller, 1998, Kalyuga, Chandler & Sweller, 1997, Paas, 1992, Paas, Renkl & Sweller, 2003b). Nous nous intéressons ici à la gestion interne de cette complexité, c'est-à-dire à la manière de réduire la charge cognitive intrinsèque de la tâche à traiter. Les moyens principaux de cette gestion sont l'utilisation de schémas, le « collapsing », l'automatisation, et la segmentation.

2.3.1. Les schémas et le "collapsing"

Les schémas constituent des unités complexes d'informations représentant une gamme de concepts interreliés, mais stockés en une seule unité d'information (Carlson et al., 2003, Lemaire, 1999, Sternberg, 1996). Il s'agit d'une forme particulière de connaissances déclaratives, variable quant à son degré d'abstraction, mais qui fait toujours référence à de l'information complexe, impliquant des éléments multiples et interactifs. Ils intègrent des caractéristiques typiques voire prototypiques ou stéréotypiques de l'objet ou de la situation considéré.

Les schémas constituent des sortes de grilles d'analyse qui nous permettent d'appréhender plus facilement une réalité spécifique (Sweller, 1994). Quand notre chemin croise un arbre, nous n'en construisons pas entièrement les caractéristiques au moment de cette rencontre, mais nous identifions l'arbre particulier comme similaire ou proche de notre schéma arbre, et nous particularisons ce schéma en fonction des caractéristiques de l'arbre présent. De la même manière, les scripts constituent des schémas relatifs à une activité typique, que nous répétons un grand nombre de fois dans nos interactions avec le monde extérieur : « aller en consultation médicale », « prendre le train », ou « résoudre un problème arithmétique ». Par exemple, le schéma relatif à la résolution de problèmes arithmétiques permet à l'élève d'approcher plus facilement tout nouveau problème. Il reconnaît le problème comme appartenant à une catégorie spécifique de situations, qui elle-même détermine des opérations particulières pour atteindre la solution (Paas, 1992). Les informations contenues dans un schéma augmentent progressivement

avec l'expertise de l'individu, ce qui lui permet de constituer des schémas toujours plus complets et plus complexes (Kirschner, 2002).

L'avantage du schéma réside essentiellement dans la place économique qu'il occupe en mémoire de travail. Un schéma peut contenir un grand nombre d'informations interconnectées, tout en pouvant cependant être traité comme une seule unité cognitive (Kirschner, 2002). Prenant moins de place en mémoire de travail, il libère de l'espace pour d'autres éléments ou traitements. Un moyen intéressant de libérer de l'espace en mémoire de travail consiste donc en la création de schémas pour les activités à lourde charge cognitive (phase d'apprentissage), et en leur utilisation en situation (phase de mise en œuvre).

De manière parallèle, Halford (1999) décrit le « *collapsing* », c'est-à-dire la synthèse ou la réduction d'un concept en moins de dimensions. Par ce moyen, l'individu crée un nœud conceptuel plus large, synthétisant plusieurs unités d'informations préalables (English & Halford, 1995, Cooper, 1998, Halford, 1993). Par exemple, il ne pense plus à la vitesse dans un rapport espace/temps, mais comme une unité de mesure en soi. Dans une perspective d'apprentissage, Lemaire (1999) parle de la stratégie de regroupement, efficace notamment pour retenir un nombre supplémentaire d'items. Cette stratégie permet ainsi de dépasser la limite spatiale de la mémoire de travail, en créant, à partir d'items isolés et multiples, des groupes d'informations plus volumineux mais constituant une seul unité d'information (Tardif, 1992, Reed, 1999). Nous pouvons ainsi plus facilement retenir un numéro de téléphone 067639769 en regroupant par « paquets » : 067 63 97 69, et nous établissons souvent une liste de course en fonction de la similarité des articles à acheter (pomme/ orange/banane, pain/beurre/jambon, savon/shampoing/dentifrice, bics/feuilles/enveloppes).

2.3.2. L'automatisation

Un individu qui vient juste d'apprendre une procédure ne peut pas la mener facilement et de manière fluide. Il doit la guider avec une conscience et un effort cognitif considérables, ce qui exige un espace important en mémoire de travail. La procédure est dite contrôlée, c'est-à-dire menée avec un effort conscient délibéré (Anderson, 1980, Carlson et al., 2003, Sweller, 1994). Lorsque nous avons appris à lire, le décodage exigeait un effort cognitif considérable, qui occupait une place importante en mémoire de travail. Ce travail cognitif était tel que la mémoire de travail pouvait n'être plus disponible pour la compréhension de ce que nous lisions. Avec la pratique de la lecture, nous avons pu automatiser le décodage, ce qui nous a permis dans un second temps de nous axer plus directement sur la compréhension. Avec de la pratique

(processus de procéduralisation, Anderson, 1983), une procédure au départ contrôlée peut donc progressivement devenir automatique, jusqu'au point où elle est menée avec une conscience et une attention minimale (Anderson, 1980, English & Halford, 1995, Eysenck & Keane, 1990, Siegler, 2001). Par le fait qu'une procédure automatique est non consciente et n'exige que peu de ressources cognitives, la conduite automatique d'une procédure libère de l'espace de traitement en mémoire de travail (Kotovsky, Hayes & Simon, 1985, Pollock et al., 2002, Siegler, 2001). En quelque sorte, l'automatisation est un excellent moyen pour libérer de l'espace en mémoire de travail, car, à l'inverse des procédures contrôlées, elle permet de générer une réponse sans passer par cette instance de la mémoire (Tardif, 1992). Dans les activités de résolutions de problèmes arithmétiques, l'automatisation des procédures de calcul mental ou écrit permet l'attribution de ressources complémentaires à d'autres types de traitements, dont ceux liés à la métacognition et à l'autorégulation.

2.3.3. La segmentation

Avant qu'un schéma efficace ne soit acquis, et avant que certaines procédures majeures aient pu être automatisées, un délai est généralement requis. Comment faire dès lors lorsque nous sommes confronté au temps présent à une tâche trop lourde cognitivement ?

Concept beaucoup moins développé dans ces théories que l'utilisation de schéma et l'automatisation, la segmentation est le fait de diviser une tâche en différentes étapes qui ne dépassent pas la capacité de traitement accepté par la mémoire de travail, et qui peuvent dès lors être traitées successivement (Halford, 1999). Dans les résolutions de problèmes arithmétiques, nous utilisons des stratégies visant à décomposer la tâche complète en diverses sous-tâches ou étapes gérables cognitivement (Ayres, 2001). Il s'agit donc de produire un traitement sériel de l'information, plutôt qu'un traitement simultané ou parallèle (English & Halford, 1995). Nous verrons par la suite de ce chapitre que les stratégies d'autorégulation que l'individu peut utiliser lors de la réalisation de tâches complexes constituent des moyens de réaliser concrètement cette segmentation de l'activité. Les stratégies de préparation de l'action (et surtout celle de planification, cf. English & Halford, 1995) sont évidemment les premières visées dans ce sens, mais certaines stratégies de contrôle et de régulation peuvent également jouer un rôle prépondérant dans cette capacité à traiter la tâche en divers « morceaux ».

2.4. Conclusion

Nous avons mis en évidence dans cette section que la mémoire de travail, en tant qu'instance du traitement de l'information, constitue un des enjeux les plus importants dans la réalisation de

tâches complexes. La limite spatiale de ce type de mémoire concerne tout autant le nombre d'éléments qui peuvent y être intégrés, que la charge du traitement effectué sur ces éléments. La charge cognitive intrinsèque, c'est-à-dire la part de la charge cognitive inhérente à la tâche elle-même, en dehors de son mode de présentation, est déterminée par le degré d'interactivité des éléments, c'est-à-dire *d'une part par le nombre de relations à établir entre les éléments (Sweller, 1994) et d'autre part par le nombre d'éléments à insérer au sein de chaque relation (Halford, 1999)*. Cette charge cognitive intrinsèque constitue la mesure de la complexité de la tâche. En raison de la limite de la charge cognitive totale gérable par lui, l'individu doit maîtriser de manière efficace son activité en appliquant diverses stratégies. Les stratégies de construction et d'utilisation de schémas et celles d'automatisation mènent à des résultats progressifs, car elles exigent un certain temps de construction. Elles nous sont donc d'une efficacité limitée lors de réalisation de tâches complexes et immédiates. La stratégie de regroupement est utile également, mais ne fonctionne pas avec tous les types d'informations et toutes les sortes de tâches. La stratégie de segmentation est dès lors un des moyens les plus efficaces dans ce type de situations. Nous supposons que les stratégies d'autorégulation permettent de mettre en œuvre ce processus de segmentation, par les stratégies de préparation de l'action, mais également par celles de contrôle et de régulation. Nous décrivons donc dans les sections suivantes de ce chapitre ces diverses stratégies d'autorégulation, et en exposons les liens avec les limites de la mémoire de travail et de la charge cognitive.

3. Les stratégies d'autorégulation en résolution de problèmes

3.1. Le concept de stratégie

Décrire plus avant des stratégies d'autorégulation implique de définir le terme de stratégie. Nous avons jusqu'à présent décrit que les stratégies sont des moyens que l'individu utilise pour agir sur des représentations motivationnelles, sur des états émotionnels, sur les connaissances et leur emploi.

Traditionnellement, et plus généralement, les stratégies constituent des moyens utilisés par l'individu pour tenter d'atteindre un but. Ces moyens constituent des séquences d'actions mentales ou physiques que l'apprenant structure et élabore (Winne, 1996), et sont donc stockées sous forme de connaissances procédurales (Pressley et al., 1990). Ces procédures sont cependant menées non pour elles-mêmes, mais dans la poursuite d'un but ou d'un sous-but, vers lequel toutes les actions convergent.

Dans la littérature liée au monde scolaire, les stratégies sont rapportées comme des techniques (Mayer, 1983) ou des savoir-faire (Zimmerman, 1989b). Plus précisément, Harnishfeger et Bjorklund (1990), et English et Halford (1995), les décrivent comme des opérations dirigées vers le but scolaire (apprendre une nouvelle notion, résoudre un problème, compléter un exercice, …), et employées pour faciliter la performance à la tâche. Les stratégies ne sont cependant pas disciplinaires, pouvant généralement s'appliquer à plusieurs types d'activités scolaires. Même si elle agit à travers des processus qui sont identiques d'une situation à l'autre, toute stratégie exige dès lors un minimum d'adaptation aux conditions et au contexte de la situation, ainsi qu'à son contenu. Dans ce sens, elle ne peut être automatisée que partiellement.

Nous décrivons successivement, dans la suite de ce chapitre, les quatre stratégies d'autorégulation qui constituent le cœur de nos recherches : la détermination du but, la planification, le contrôle et la régulation. Comme nous l'avons proposé dans le chapitre précédent, nous les regroupons en deux phases : la préparation de l'action et sa mise en œuvre (Winne, 1996, voir aussi Mayer, 1983, Tardif, 1992 dans le cadre de la résolution de problèmes).

3.2. Les stratégies de préparation de l'action : optimaliser la mise en route

Les stratégies de préparation ou d'anticipation de l'action constituent des éléments décisionnels préalables à l'action (Winne & Perry, 2000, Zimmerman, 2000), et sont capitales dans la mise en œuvre de séquences d'actions efficaces et cohérentes. Ceci est particulièrement vrai dans les résolutions de problèmes, qui nécessitent la combinaison et donc la coordination de procédures variées[5]. Nous avions mis en évidence dans le chapitre 2 (section 3.3.1) que le répertoire de connaissances disciplinaires et de stratégies cognitives s'étend progressivement avec l'âge et surtout avec l'expérience de l'élève. Les stratégies de préparation de l'action organisent ces connaissances et stratégies en référence à l'action en cours. Elles sélectionnent celles qui paraissent d'emblée les plus utiles, évaluent les alternatives en fonction du but fixé, et choisissent finalement les actions qui vont être menées. Lorsqu'il s'engage dans l'application des procédures arithmétiques de nos résolutions de problèmes, l'élève autorégulant sait où il va et comment il y va. Comme nous l'avons décrit précédemment, deux stratégies agissent à ce niveau : la

[5] La plupart des modèles de la résolution de problèmes incluent d'ailleurs cette phase de préparation de l'action, incluant la représentation du problème et le processus de décision des actions à mener (Jonassen, 1997, Mayer, 1983, Tardif, 1992).

détermination du but et la planification des actions à entreprendre. Nous décrivons ces deux stratégies de manière plus détaillée dans les sections 3.2.1 et 3.2.2.

Si l'utilisation des stratégies de préparation de l'action est capitale dans la gestion du répertoire de connaissances, elle permet aussi de s'adapter aux limites de la charge cognitive. En fonction de ces limites, il est en effet impossible de mener en même temps un travail de réflexion sur les procédures à mener et de mise en œuvre de ces procédures. La réflexion de départ permet d'analyser la situation et de projeter des pistes de solution avant de mettre en œuvre les actions nécessaires, et donc sans être encombré par la charge cognitive exigée par les traitements de mise en œuvre des procédures. La préparation de l'action est déjà en elle-même suffisamment difficile, puisque les relations multiples entre les données d'un problème dépassent rapidement les capacités cognitives spatiales de la mémoire de travail. Les stratégies de contrôle et de régulation viendront cependant apporter une aide majeure à ce niveau (cf. section 3.2.2).

Il est généralement admis que la préparation consciencieuse de l'action a une efficacité sur la performance finale. Cette efficacité est bien entendu fonction des connaissances de l'individu : un même élève réussira mieux une résolution s'il prépare l'action que s'il ne la prépare pas, surtout dans le cas de problèmes complexes. Un élève qui dispose de grandes connaissances en arithmétiques et qui ne préparent pas bien l'action réussira malgré tout mieux qu'un élève disposant de nettement moins de connaissances à ce niveau et préparant bien l'action. De plus, cette augmentation d'efficacité est selon nous réelle seulement si nous ne tenons pas compte du facteur temps : dans des situations plus simples, une préparation approfondie de l'action mène avec efficacité et certitude à la réponse, mais parfois dans un temps plus long.

La mise en œuvre de ces stratégies exige de l'individu une capacité à inhiber l'action le temps nécessaire à cette réflexion (Elias & Berr, 2000). La difficulté de l'inhibition de l'action au profit d'une phase de réflexion est bien connue par les enseignants. Preuve en est la consigne fréquemment énoncée aux enfants par leurs professeur : « N'allez pas trop vite, lisez d'abord bien la question ! », qui constitue une incitation à retenir l'action le temps de l'analyse du but. Cette capacité d'inhibition est dans le cas présent relatif au contrôle de l'impulsivité qui est selon Draigneault et al., (1995 dans Braun, 2000) la capacité de freiner ses actes, de différer son plaisir, de résister aux pulsions et de persévérer, et de rester placide face aux contrariétés. Remarquons que le concept d'inhibition a essentiellement été développé dans le courant de la neuropsychologie (Van der Linden, Meulemans, Seron, Coyette, Andres & Prairial, 2000), et réfère à la capacité d'empêcher la production d'une réponse primaire non appropriée, cognitive (empêcher une information non pertinente pour l'accomplissement d'une tâche de se frayer un

chemin jusqu'à la conscience) ou comportementale (jeu du Jacques a dit) (Bjorklund, 2000, Dempster, 1992). Cette capacité d'inhibition de comportements inappropriés suscite la programmation et la mise en place d'actions permettant une exécution plus efficace.

Remarquons que les structures conceptuelles des modèles de l'autorégulation entremêlent souvent les stratégies de détermination du but et de planification. Si Winne (1996, Winne & Perry, 2000), Schunk (2001) et Zimmerman (2000) décrivent comme nous la catégorie des stratégies de préparation de l'action, composée de la détermination du but et de la planification, ce n'est pas le cas de l'ensemble des modèles. Dans certains modèles, la planification inclut la gestion de l'objectif (Boulet et al., 1996, Patrick et al., 1999, Pintrich, 1999, Pintrich & De Groot, 1990, Viau, 1994). Dans d'autres, la détermination des buts implique la définition de sous-buts opérationnels et des moyens pour les accomplir, c'est-à-dire des actions à entreprendre (Carver & Scheier, 2000, Shah & Kruglanski, 2000).

3.2.1. La détermination du but

Par la détermination du but, l'individu décide du point d'aboutissement, de l'état final ou recherché des procédures qu'il va mener (Lemos, 1999, Zimmerman, 2000). Le but correspond à un état futur désirable (Shah & Kruglanski, 2000), sorte de résultat anticipé de l'activité (Bandura, 1986). Selon Flavell (1981), ce sont des buts tacites ou explicites qui initient et maintiennent toute entreprise cognitive. Le but reste présent à tout moment d'une tâche scolaire. D'une part, il donne un cadre qui permet *d'activer* les connaissances de base (déclaratives et procédurales) spécifiques au domaine et au type d'activité, ainsi que les connaissances métacognitives que l'individu juge potentiellement utiles à la réalisation de la tâche (Pintrich, 2000, Winne & Perry, 2000, Winne, 2001, Boekaerts & Niemivirta, 2000). Ces connaissances recherchées intentionnellement (« Qu'est-ce que je connais dans ce domaine ? » ou « Quelle situation similaire ai-je déjà rencontré ? ») s'ajoutent à d'autres qui s'activent automatiquement et sans pensée consciente lors de la reconnaissance du type de tâche scolaire et du domaine concerné (cf. Pintrich, 2000). Une fois ces connaissances activées et le point d'aboutissement recherché (but) fixé, la planification des actions à entreprendre ou des procédures à exécuter peut être mise en oeuvre (cf. section suivante). D'autre part, au cours de l'action (c'est-à-dire après la phase de préparation de l'action), le but fait office de *point de référence ou critère d'évaluation* pour surveiller et guider les actions en cours et à mener (Lemos, 1999, Pintrich, 2000, Shah & Kruglanski, 2000, Winne & Perry, 2000). Comme nous le verrons dans la description des stratégies de contrôle, toute information sur l'état actuel de la résolution est jugée et interprétée

en fonction du ou des buts, ou des standards qui en découlent (Bandura, 1986, Carver & Scheier, 2000, Schunk, 2001, Zimmerman, 2000, 1999). Les standards constituent selon nous des buts cibles et opérationnels, définissant des valeurs de référence à atteindre, et permettant une évaluation précise et objective lors des contrôles ultérieurs. Ils ne sont toutefois jamais clairement décrits dans la littérature (voir toutefois Bandura, 1986, Winne & Perry, 2000). L'existence du but permet enfin d'attester de la fin de l'activité par le constat de son atteinte, lorsque la comparaison entre l'état actuel et l'état recherché indique une absence de différence.

Le *moment* de la détermination du but mérite également notre attention. Les buts sont supposés être fixés avant de débuter les actions dans une tâche, mais ils peuvent également être ajustés et modifiés à tout moment du déroulement de la tâche (Boekaerts, 1999, Flavell, 1981, Pintrich, 2000, Winne, 2001). Bien que la stratégie de détermination du but soit insérée généralement dans une perspective d'anticipation de l'action, le caractère circulaire de la majorité des modèles de l'apprentissage autorégulé évoque cet ajustement continuel des buts en fonction des résultats intermédiaires notamment (Zimmerman, 2000, cf. section 3.3.3). Ces modifications des buts peuvent être des ajustements des buts en cours (précision sur la demande du problème si la situation n'avait pas été suffisamment analysée préalablement par exemple), mais évoquent également la possibilité d'abandonner un but au profit de l'adoption d'un autre (changement de tâches par exemple, cf. Boekaerts, 1999).

Les buts fixés peuvent être très variés : larges ou restreints, distaux ou proximaux (Zimmerman, 2000), internalisés à partir d'une demande extérieure ou déterminés personnellement (Lemos, 1999, Schunk, 2001), uniques ou multiples (Boekaerts, 1999), linéaires ou hiérarchisés (Carver & Scheier, 2000, Shah & Kruglanski, 2000). Dans la perspective sociocognitive (Bandura, 1986, 2004a, Schunk, 2001, Zimmerman, 1989b, 2000), les buts *distaux* ou à long terme indiquent la direction générale à suivre, mais sont trop lointains pour être opérationnels. Imaginons l'étudiant en début de parcours universitaire qui aurait comme but unique la réussite de ses études de psychologie en cinq ans, et nous pourrons imaginer que ce but ne l'aidera pas à guider précisément son comportement au quotidien. L'individu crée donc des buts *proximaux* et des standards de comportements afin de le guider plus efficacement dans son action. Parallèlement à cette propriété de proximité des buts (axée sur la dimension temporelle), la propriété de spécificité s'intéresse au champ ou au domaine couvert, et distingue les buts généraux et spécifiques (Schunk, 2001).

Comme le montrent ces deux exemples, la plupart des auteurs s'accordent donc à considérer l'existence fréquente de buts multiples dans les séquences d'autorégulation (Bandura, 1986,

Boekaerts, 1999, Pintrich, 2000, 1999, Zimmerman, 1999). Bien plus, ces distinctions suggèrent une *organisation hiérarchique* des buts (Boekaerts, 1999, Zimmerman, 2000). Par exemple, l'atteinte de tous les buts proximaux contenus dans un but distal définit l'atteinte de celui-ci. Cette vision hiérarchique des buts est parfois rapportée de manière beaucoup plus large, et à l'aide de niveaux multiples, pouvant aller de nos valeurs les plus fondamentales aux actions spécifiques nécessaires à l'atteinte de sous-buts très précis (Boekaerts & Niemivirta, 2000, Carver & Scheier, 2000, Shah & Kruglanski, 2000). Elle sort dès lors du cadre scolaire, pour envisager son intégration dans les diverses sphères de vie et valeurs de l'individu. Ainsi, la réussite de l'interrogation du lendemain répond d'un but supérieur visant à obtenir des bons résultats, qui est lui-même inférieur au but de se sentir reconnu par ses parents, et caetera.

La question des buts constitue un élément central dans la gestion cognitive et comportementale des actions en vue de la performance, mais elle joue également une fonction motivationnelle prédominante (Bandura, 2004a, Fuchs et al., 2003). Comme nous l'avions vu précédemment (cf. chapitre 2, section 3.3.2), la définition de sous-buts ou buts proximaux est utilisée notamment comme une stratégie motivationnelle dans l'apprentissage. Il apparaît en effet qu'il est plus motivant de poursuivre un but à court terme qu'un but dont l'issue est trop éloigné (Ridley, Schutz, Glanz & Weinstein, 1992, Schunk, 2001). A l'inverse, le but doit bénéficier de mécanismes motivationnels pour être sauvegardé. L'individu doit d'une part s'engager fermement dans le but (Boekaerts & Niemivirta, 2000, Locke et Latham, 1990, Schunk, 2001, Shah & Kruglanski, 2000) et d'autre part le protéger des buts alternatifs ou conflictuels (Boekaerts, 1999, Kulh, 1984, 2000, Lemos, 1999, Nguyen-Xuan et al., 1990, Zimmerman, 1999). Ces protections doivent être fortes, mais pas rigides, car certains changements de buts peuvent être profitables à l'apprentissage de l'élève. Ces processus d'ordre motivationnel ne concernent cependant pas directement notre travail doctoral, et nous ne les décrirons donc pas plus avant.

Les théories de l'autorégulation ont généralement été établies en fonction de séquences larges d'apprentissage, ce qui favorise la mise en place de buts personnels, c'est-à-dire déterminés par l'individu lui-même. Le but a cependant une importance capitale dans les séquences autorégulées visant la réalisation d'une tâche scolaire. Dans ces situations, il a cependant la caractéristique d'être proposé par l'environnement (consigne de l'enseignant, énoncé d'un problème, …), et adopté par l'individu (Ridley et al., 1992). L'élève ne doit donc pas générer un but personnel, mais se représenter mentalement le but fourni par l'enseignant (Boekaerts, 1996, 1997). Il est évident qu'au niveau motivationnel, l'appropriation des buts proposés par l'environnement

dépendra en grande partie de la manière dont ces buts s'intègrent au système de buts et de valeurs de l'individu, tel que décrit ci-dessus. Mais la caractéristique cognitive principale de la question du but dans ce cas est qu'il s'agit d'une représentation, et que celle-ci peut dès lors être ou non en accord avec les demandes réelles de la tâche (correcte ou erronée). Notons également que les modèles de la résolution de problèmes ont décrit que la représentation de la tâche, préalable à la planification, exige plus que la prise en compte du but. Tardif (1992) décrit par exemple que la construction de cette représentation nécessite la reconnaissance que la situation présente est un problème, et la description synthétique du problème en terme de données, de demandes et éventuellement de contraintes. Nous ne prendrons cependant en compte que la représentation du but dans nos recherches.

Dans nos résolutions de problèmes arithmétiques, le but fixé se situe à un niveau très proximal. La durée d'une séquence d'autorégulation est très courte, de l'ordre d'une période de cours au maximum. Le but proposé sera toujours de l'ordre de la performance (c'est-à-dire du résultat à une production) et non de l'apprentissage. Si le but général est la réussite de l'épreuve (résolution du ou des problèmes), le but spécifique correspond à *l'identification de la demande*, fournie dans l'énoncé problème. Cette stratégie est selon nous menée assez facilement dans le cadre de nos problèmes bien définis, mais doit être réellement menée pour une performance optimale. Combien d'enseignants, qu'ils soient de l'enseignement primaire, secondaire ou supérieur, se plaignent que leurs élèves ne répondent pas précisément à la question ?

En résumé, les buts constituent les éléments clé du processus d'autorégulation, car ils constituent la ligne de conduite, le cadre permettant l'activation des connaissances nécessaires et le point de référence pour les stratégies de contrôle et de régulation en cours de tâche. Dans le cadre des résolutions de problèmes arithmétiques verbaux, il s'agira non de créer un but personnel, mais de se représenter le but fourni par l'enseignant à travers l'énoncé du problème. Le but spécifique concerne la demande précise incluse dans l'énoncé, et est selon nous le plus opérationnel pour la performance à venir. Dans ce sens, c'est le but spécifique à chaque situation problème qui sera mesuré dans les recherches menées en vue de cette dissertation.

3.2.2. La planification

La planification est un processus où l'on considère de manière attentive les activités avant de les mettre en œuvre (Prawat, 1989). Elle réfère couramment à l'élaboration d'un plan d'action, où l'individu programme les procédures et stratégies à mettre en œuvre afin d'atteindre le ou les buts déterminés (Pintrich, 1999, Viau, 1994, Winne, 2001, Winne & Perry, 2000).

En psychologie cognitive, la planification est une organisation conceptualisée (c'est-à-dire pensée et non automatisée) de l'action, qui est utilisée pour guider directement l'activité (Hoc, 1987, Richard, 1998). Elle construit des représentations anticipatrices, c'est-à-dire qui précède le déroulement effectif de l'action tout en envisageant mentalement leur mise en œuvre. Au sein de la planification, Hoc (1987) ajoute à la construction du plan d'actions l'utilisation de ce plan construit au cours de la réalisation de la tâche. Nous ne rejoignons pas cette perspective, pensant que l'utilisation du plan correspond à la mise en œuvre et répond donc des phases de contrôle et de régulation.

Nous avons décrit dans la section précédente que le but permet l'activation de diverses connaissances en lien au domaine ou au type d'activités. Ainsi, des procédures sont récupérées en mémoire à long terme en fonction de leur efficacité manifeste lors de la réalisation de buts antérieurs reconnus comme similaires (Winne, 2001). En fonction des procédures qui lui sont disponibles, l'individu perçoit l'activité comme algorithmique, ou comme problème (Boekaerts & Niemivirta, 2000). Nous parlons essentiellement de planification délibérée lors de ce deuxième type de tâche, car la planification réalisée pour les situations algorithmiques est plus « légère ». La situation algorithmique est en effet caractérisée par la possibilité de sélectionner une seule procédure, quelle que soit son étendue, pour atteindre le but. Au contraire, la planification en situation problème exige l'adaptation et la combinaison de diverses procédures connues. Sur la base des connaissances activées et du but fixé, l'individu envisage différents scénarios ou plans d'action susceptibles de mener le but à son terme ou de réduire l'écart entre la situation présente et l'état désiré que constitue ce but. Il choisit ensuite de manière réfléchie le plan d'actions qui lui semble le plus approprié en terme d'efficacité, puis le met en œuvre. Ce faisant, la stratégie de planification joue un rôle d'organisateur des actions de résolution.

La psychologie cognitive décrit cependant que les plans ne sont toujours pas entièrement détaillés au moment de leur élaboration, et restent parfois schématiques (Hoc, 1987). Ainsi, le plan n'est pas toujours décrit jusqu'au détail de l'action (on ne l'appelle dès lors pas plan d'actions), mais peut rester de l'ordre d'objectifs opérationnels ou d'étapes générales (Richard, 1998). La décomposition de ces étapes générales se déroulerait alors par l'introduction de détails concernant les procédures concrètes au moment opportun de la résolution (Brown et al., 1983). Il apparaît également que le plan peut être défini en terme d'actions, mais pour une première partie du problème seulement (phénomène que nous appellerons « planification partielle ») et non pour l'entièreté de ce problème (« planification complète »).

La raison de la constitution d'un tel plan schématique ou partiel peut être que la situation est dynamique, évoluant par elle-même. Ne pouvant prévoir à l'avance les interactions qui surviendront durant le déroulement de la résolution, rien ne sert de planifier l'entièreté des actions. Cette première cause nous concerne peu, puisque nos tâches problèmes constituent des situations statiques, qui ne se modifient pas sans l'action de l'apprenant. Une autre raison de ces planifications schématiques ou partielles concerne les limites de la mémoire de travail. Une tâche très complexe, c'est-à-dire exigeant de nombreuses étapes de résolution (interactions entre les éléments), empêche l'individu de programmer en un seul mouvement l'ensemble des opérateurs devant être menés afin de parvenir à la résolution. L'empan ou l'étendue de la planification doit donc s'adapter aux limites de la mémoire de travail en son étendue (partialité) ou en sa profondeur (schématisme).

Cependant, si la planification est affectée par ces limites, elle a selon nous une fonction immense de gestion de cette contrainte. Nous avons montré au début de ce chapitre que tout traitement cognitif occupe une place (variable selon sa complexité) en mémoire de travail. Dans nos situations problèmes arithmétiques, le travail de planification constitue une charge cognitive définie, où l'individu doit mettre en lien l'ensemble des données fournies et trouver les opérateurs qui permettront de réaliser ces connexions et de fournir les résultats attendus. La mise en œuvre de chaque procédure sélectionnée exige également une charge cognitive importante dans la mesure où elle n'est pas automatisée. L'application des algorithmes des quatre opérations arithmétiques, n'étant encore que très peu automatisés, est coûteuse en efforts conscients pour les enfants fréquentant l'école primaire. La séparation entre la préparation des actions à entreprendre (planification) et leur mise en œuvre permet d'une part de séparer ces deux traitements et donc d'alléger la charge cognitive. D'autre part, en organisant l'ordre des procédures à venir, la planification crée autant de sous-systèmes ou sous-tâches qui peuvent être ensuite traités séparément au cours de la résolution, allégeant ainsi la charge cognitive tout au long de la résolution (Costermans, 1998). Chacun de ces sous-systèmes correspond généralement à une des étapes de résolution exprimée par une relation arithmétique entre deux données quantitatives. La décomposition d'une tâche complexe en sous-systèmes ou étapes permet donc de simplifier fortement la situation (Hoc, 1987), et la charge cognitive se maintient alors dans des limites acceptables à tout moment du traitement de la tâche. C'est donc par un processus de segmentation de l'activité (décrit dans la section 2.3.3) que la planification permet la simplification du travail lié aux tâches complexes.

La planification est également une stratégie efficace par le fait qu'elle génère une représentation anticipatrice de l'action. En projetant mentalement des actions et en évaluant leurs résultats potentiels avant de les mettre en œuvre, la planification permet de repérer une série d'erreurs dans le choix des procédures. Ce principe d'évaluation anticipatrice de l'action permet dès lors l'économie (en temps et en efforts) de la mise en œuvre de ces procédures erronées. Constitué en une seule vague et donc sans l'interférence de la mise en œuvre des procédures, le plan d'action analyse la *cohérence* des procédures programmées entre elles et en vue de la poursuite du but.

Remarquons également que le plan de résolution est créé avant la mise en œuvre des actions qui le composent. Cependant, tout comme la détermination du but, le plan d'action est généralement ajusté en cours de tâche, en fonction des résultats intermédiaires (Nguyen-Xuan, 1990, Zimmerman, 2000). Nous appellerons processus de « planification primaire » la création du plan d'actions original réalisé avant le début de toute mise en œuvre de procédures, et processus de « planification secondaire » les ajustements au plan d'actions réalisés au cours de l'action. Durant cette dernière, le cours de l'action s'arrête et le même processus que nous avons décrit ici est mis en route en considérant les données de l'état actuel de la situation plutôt que les données de départ du problème.

En résumé, par son côté organisateur et anticipateur de l'action, et par la décomposition en sous-systèmes qu'elle permet, la planification est particulièrement utile dans les tâches complexes, et donc de résolutions de problèmes. Bien qu'elle doive s'adapter aux limites inhérentes à la mémoire de travail, créant parfois des plans schématiques ou partiels, elle permet de gérer la charge cognitive exigée par le traitement du problème de manière séquentielle plutôt que parallèle, par la segmentation de la tâche en un nombre limité d'étapes de résolution. Dans le cadre de nos problèmes arithmétiques, chaque étape de résolution (sous-système du problème) peut être réalisée par l'application d'un seul opérateur, de nature arithmétique, sur des quantités définies.

3.2.3. Conclusion

Ces deux stratégies de préparation de l'action jouent donc un rôle organisateur important. La détermination du but fournit la direction dans laquelle les actions vont être dirigées, mais également le point de référence nécessaire pour les stratégies de contrôle et de régulation que nous décrivons dans la section suivante. En permettant l'activation automatique et délibérée des connaissances strictement en lien à la tâche qui débute (sélection ciblée parmi les connaissances de la mémoire à long terme), et en construisant une représentation mentale du but de la tâche,

elle fournit toutes les informations nécessaires pour le démarrage de la stratégie de planification. Celle-ci permet alors d'élaborer un plan qui guidera directement la mise en œuvre de la résolution, au niveau le plus concret que lui permet les limites de sa mémoire de travail. Le plan d'actions ainsi formé décrit les procédures à mettre en œuvre pour parvenir à l'état-but, ainsi que l'ordre dans lequel ces actions doivent être menées. Ce faisant, chaque étape de résolution peut par la suite être traité isolément, permettant de rester à l'intérieur des limites en charge cognitive contrainte par la capacité de notre mémoire de travail. Ce processus de segmentation de l'activité permet ainsi à l'individu de gérer une grande partie de la complexité des situations problèmes.

3.3. Les stratégies de contrôle et de régulation : optimaliser la mise en œuvre

Les deux stratégies de détermination du but et de planification permettent de préparer une action efficace afin de parvenir à compléter la tâche en cours. Il est temps désormais d'appliquer le plan élaboré. Cette mise en œuvre est cependant surveillée et adaptée (si nécessaire) afin de garantir une efficacité optimale. Les stratégies de contrôle et de régulation réalisent cette guidance. De manière périodique et/ou continue, l'action mise en œuvre et les résultats de celle-ci sont contrôlés. Les produits de ce contrôle sont ensuite utilisés dans des mécanismes d'ajustement. Nous spécifions dans cette section notre manière de définir le contrôle et la régulation, étant donné la diversité des définitions de ces concepts. Nous les présentons séparément et successivement, puisque toute régulation est réalisée suite à une information fournie par le processus de contrôle. Nous montrons notamment que, dans le contexte des résolutions de problèmes arithmétiques, ce contrôle et cet ajustement peuvent être réalisés de diverses manières et porter sur divers objets. Nous expliquons également pourquoi ces deux stratégies sont particulièrement efficaces.

3.3.1. Le contrôle

Pour certains auteurs, les mécanismes de contrôle consistent à commander et réguler des mécanismes cognitifs en cours de tâche (Le Ny, 1994). Le concept de contrôle, souvent appelé « contrôle exécutif », revêt alors un caractère actif sur le comportement : il est directement impliqué dans l'organisation des activités dirigées vers l'atteinte d'un but, et est considéré comme un mécanisme qui prend des décisions (Brown et al., 1983, Gordon & Braun, 1985, Nelson & Narens, 1990, Schneider, 1998). En tant que système agissant, il implique des processus très proches de ceux que nous décrivons pour l'ensemble des mécanismes d'autorégulation : adaptation aux changements de circonstance, modification de stratégies, inhibition, détermination du but, planification, monitoring, … On retrouve notamment le concept

de contrôle exécutif dans les théories neuropsychologiques, qui le localisent au niveau des lobes frontaux (Braun, 2000, Temple, 1997, Umilta & Stablum, 1998). Van der Linden et al. (2000) décrivent cependant que l'étude de ces fonctions exécutives n'est pas encore très avancée et leur structure peu aboutie, notamment à cause de la difficulté de leur évaluation.

Au sein du paradigme de l'apprentissage autorégulé, le contrôle est généralement plus réduit que dans cette perspective (Boulet et al., 1996, Pintrich, 2000, …), bien que des écrits contradictoires existent (voir notamment Kluwe, 1987, et les auteurs qui s'en inspirent). Durant la mise en œuvre des actions programmées, il permet à l'individu de surveiller et d'évaluer le cours de l'action et ses résultats. C'est un processus informateur, qui observe des aspects spécifiques du comportement, les conditions dans lesquels ces comportements se posent et les résultats qui leur sont associés (Zimmerman, 2000). En référence au modèle de Nelson & Narens (1990, 1994, voir aussi dans Schneider, 1998), ce type de contrôle agit dans un processus de bas (action en cours) en haut (but fixé) : où en suis-je ? quelles activités dois-je encore mener ? Ce processus est donc en sens inverse de l'autorégulation, qui concerne un processus de haut en bas où l'individu planifie et met en œuvre des actions en partant du but fixé. Notons cependant que les termes utilisés par ces auteurs divergent de nos appellations.

Au sein de cette vision plus réduite, une autre confusion importante existe cependant entre les concepts de contrôle et de monitoring. Habituellement, le monitoring est l'habileté à autosurveiller son propre comportement au cours de l'action et de manière continue, en fonction de l'objectif ou des standards fixés en début de tâche (Boekaerts, 1996, 1997, Pintrich, 2000, Viau, 1994, Zimmerman & Martinez-Pons, 1992). Il donne l'alerte en cas d'incident critique, qui nécessite réajustement (Patrick et al., 1999, Pintrich, 1999, 2000). Le monitoring a surtout été utilisé dans le cadre des travaux sur la mémoire et sur la compréhension de texte (Baker & Brown, 1984). Il s'entend avec les termes « veille constante » et « on-line ». Ces deux termes clefs ne sont cependant pas maintenus avec suffisamment de rigueur dans une trop large partie de littérature. Le monitoring n'est qu'un type de contrôle parmi d'autres, en ce qu'il rapporte de l'information sur l'action en cours. Or, de nombreux auteurs considèrent le monitoring soit comme l'ensemble des processus de prises d'informations, soit comme le contrôle de la poursuite du but (voir notamment Bandura, 1986, Nelson & Narens, 1990, 1994, Pintrich, 2000, Schneider, 1998, Winne & Perry, 2000). Dans ce cas, aucune autre stratégie de contrôle n'est généralement décrite. Nous nous détachons de cette perspective.

Pour éviter cette confusion entre les termes autorégulation, contrôle et monitoring, nous choisissons de les décrire schématiquement comme suit :

- L'autorégulation consiste en les mécanismes par lesquels nous dirigeons nos actions dans la poursuite d'un objectif fixé ; il s'agit du cadre général des stratégies que nous développons dans ce chapitre.
- Le contrôle est une activité d'auto-observation par laquelle nous prenons de l'information sur les procédures menées.
- Le monitoring est un des types du contrôle consistant en la veille constante et on-line de la procédure précise en cours ; il éveille notre attention en cours de procédure lorsqu'un élément majeur et contradictoire s'interpose.

En plus du monitoring, d'autres types de contrôle (en tant que processus d'auto-observation) existent. Kluwe (1987, voir aussi Flavell, 1981) distingue par exemple la vérification (contrôle de l'efficacité des étapes menées en cours de tâche) et l'évaluation (contrôle a posteriori en fonction de critères définis). Zimmerman (1999, et al., 2000, voir aussi Nguyen-Xuan et al., 1990) propose trois types de contrôle (sous le terme de monitoring) : contrôle de l'exécution de la procédure choisie (pendant la procédure), contrôle des résultats de ces procédures (après celle-ci), et auto-évaluation (et portant, en fin de tâche, sur le bilan des procédures menées en terme d'efficacité pour le type de situation). D'autres auteurs proposent le contrôle de la distance entre but et résultats actuels (Boekaerts, 1996, Pintrich, 1999, 2000). Bien que de nombreux auteurs en parlent comme d'un processus unique (Boulet et al., 1996, Lafortune, Jacob et al., 2000, Pintrich, 1999, Thiede, Anderson & Therriault, 2003), le contrôle est donc selon nous un construit multidimensionnel et la plus complexe des stratégies d'autorégulation cognitive (cf. Focant & Grégoire, à paraître). En nous inspirant des divers auteurs cités et sur base des observations réalisées au cours de nos recherches, nous avons défini quatre types de contrôle en les adaptant au contexte de la résolution de problèmes arithmétiques.

Comme nous l'avons abordé supra, le *monitoring* correspond à un « pistage », une observation méthodique de certaines caractéristiques du *cours de l'action* que l'individu est en train de mener. Il s'agit d'une sorte de veille continue, inconsciente ou semi-consciente, qui déclenche un signal d'alerte lorsque nous observons un résultat étonnant ou inattendu (Baker & Brown, 1984, Patrick et al., 1999, Pintrich, 2000). Par exemple, un élève applique une procédure de division écrite, mais se rend compte en parvenant à la fin du calcul que le reste est différent de zéro. Si ça n'a jamais été le cas dans sa classe auparavant, un signal d'alerte est donné : quelque chose d'anormal s'est produit. Le monitoring indique l'existence d'un problème non clairement défini au moment du contrôle, tandis que les autres types de contrôle identifient une erreur précise.

Dans notre exemple, l'élève ne sait pas au départ si ce résultat étonnant est dû à une erreur de calcul, ou s'il s'agit d'un mauvais choix parmi les quatre opérations arithmétiques. Il observe généralement les « gros écarts » (c'est-à-dire des situations invraisemblables ou étonnantes), mais ne remarque généralement pas les erreurs légères, détectables seulement par un contrôle approfondi (une subtile erreur de calcul par exemple).

L'*évaluation du progrès réalisé vers l'atteinte du but* est un type de contrôle intentionnel et généralement conscient au moment de sa mise en œuvre. Il concerne la confrontation au but (Bandura, 1986, Zimmerman, 2000). Il fait le point sur l'état présent (contrôle actuel) de la résolution du problème, afin de préparer la suite des actions. L'élève s'y pose la question : « ai-je répondu à la demande du problème ? où en suis-je dans ma résolution ? ». Cette forme de contrôle s'apparenterait à l'utilisation d'un comparateur entre un état actuel (résultats actuels) et un état désiré (objectif fixé) (voir notamment Carver & Scheier, 1998, 2000, cf. section 3.3.3). Selon Winne (1996, sous le terme de monitoring), il s'agit de mises à jour de la représentation initiale de la tâche en fonction de l'état transitoire de traitement de celle-ci.

Le *contrôle des opérations* est un contrôle périodique, intentionnel et conscient au moment de sa mise en œuvre, qui vise à vérifier que le choix de l'opération arithmétique a été fait à bon escient. Il est réalisé par le biais de deux composants : le contrôle de l'adéquation des intentions et celui de la traduction de l'intention en opération arithmétique.

Alors que l'évaluation du progrès vers le but est un contrôle sur l'état présent, le *contrôle de l'adéquation des intentions* peut être mené de manière rétrospective ou prospective, en fonction du but fixé. Ce type de contrôle n'analyse pas la procédure mise ou à mettre en œuvre, mais évalue l'intention sous-jacente à cette procédure. Par exemple, en contrôle rétrospectif, l'élève se posera la question : « Dans la deuxième étape, j'ai mis ensemble les paquets A et B. Etait-ce vraiment cela que je devais faire, ou plutôt retirer le paquet B du paquet A ? ». L'individu peut également vérifier cette adéquation sur des intentions programmées mais non encore menées (contrôle prospectif). En reprenant notre exemple précédent, il s'agirait ici de se demander : « J'ai en tête, pour l'étape suivante, de distribuer le nombre de jouets entre tous les enfants ; est-ce réellement cela que je dois faire pour parvenir au but ? ». Le contrôle proactif peut être considéré comme une partie intégrante de la stratégie de planification : l'individu contrôle le ou les plans d'action établis afin de vérifier leur adéquation dans la poursuite du but. Il peut être mis en œuvre avant le démarrage de toute action, ou lors d'un état intermédiaire de résolution.

Le *contrôle de la traduction de l'intention en opération arithmétique* constitue la deuxième composante du contrôle des opérations. Basé sur les connaissances disciplinaires liées à la compréhension du nombre et des opérations, et aux conditions d'activation des procédures (connaissances déclaratives et conditionnelles), il évalue la procédure menée en s'interrogeant sur la pertinence du passage de l'intention (distribuer les jouets) à l'opération arithmétique (division écrite) : « Je voulais partager les jouets entre tous les enfants, était-ce correct de diviser le nombre de jouets par le nombre d'enfants ? ». Elle ne s'interroge pas de savoir si la procédure a été menée correctement, mais de savoir si cette même procédure a été menée avec raison en fonction de l'intention définie (cf. type de contrôle précédent). Le contrôle des opérations nécessitera souvent, dans le cadre de nos résolutions de problèmes verbaux, des retours à l'énoncé et aux données qui y sont fournies. Le rappel de données oubliées ou la précision de nuances non prises en compte au départ du problème ne peut en effet se faire que grâce à ces retours.

Enfin, la *vérification des résultats* est un contrôle périodique, rétrospectif, intentionnel et conscient au moment de sa mise en œuvre. Il est basé sur les connaissances des procédures de calculs arithmétiques (connaissances procédurales) et des principes sous-jacents au concept de nombre (connaissances déclaratives). L'individu recherche des erreurs survenues dans l'application des procédures. Au niveau arithmétique, il s'agit surtout de la vérification des calculs effectués : « J'ai réalisé une division écrite, est-ce que je n'ai fait d'erreur nulle part ? ». Grégoire & Focant (soumis) ont mis en évidence deux manières complémentaires de réaliser ce type de contrôle : la vérification empirique et la vérification basée sur le raisonnement logique. Ces deux types de vérification des résultats arithmétiques sont complémentaires et co-existent encore à l'âge adulte (même si les secondes se développent de manière ultérieure aux premières).

Dans la vérification empirique, l'apprenant refait le calcul pour conforter ou infirmer la réponse obtenue. Les preuves arithmétiques sont selon nous du même ordre de vérification. Par exemple, des erreurs peuvent être découvertes par la procédure de la preuve par 9 pour la division, ou en appliquant des procédures inverses telle la soustraction d'un des termes à partir du résultat pour vérifier une addition ($5 - 2 = ?$ pour vérifier $3 + 2 = 5$). Ces procédures alternatives sont d'ailleurs fort utiles, puisque toute procédure peut contenir une erreur de programmation (Mayer, 1983, cf. section 3 du chapitre 1). Ces vérifications empiriques sont basées essentiellement sur la connaissance de procédures.

Dans la vérification logique, l'individu évalue si la réponse est plausible ou non (cf. aussi Prawat, 1989). Par exemple, le calcul $147 - 29 = 155$ peut être jugé erroné sans refaire le calcul

puisque, logiquement, le résultat d'une soustraction ne peut pas être plus grand que son premier terme. Les procédures logiques sont purement déductives. Elles sont basées essentiellement sur le concept de nombre et la connaissance des propriétés des opérations arithmétiques. Notamment, les opérations logiques de classification et de sériation (précurseur des aspects cardinaux et ordinaux des nombres), le principe de l'inclusion des classes (relations entre partie et tout), et la compréhension du sens des différentes opérations arithmétiques de base permettent d'effectuer ces vérifications logiques (pour plus de détails, cf. Grégoire & Focant, soumis).

Le contrôle est donc un concept multidimensionnel, en ce qu'il porte sur des objets différents (intentions, choix de procédures, exactitude de leur mise en œuvre), et des moments différents (prospectifs, actuels et rétroactifs). Il est constitué de sous-stratégies, dont certaines peuvent être elles-mêmes subdivisées en modes de réalisation différents (contrôle empirique et logique dans la vérification des calculs arithmétiques, contrôle de l'adéquation des intentions et contrôle de la traduction de l'intention en opération arithmétique dans le contrôle des opérations). Toutes ont cependant ceci de commun qu'elles visent à détecter des erreurs survenues dans la résolution (parfois de manière préventive). Le contrôle permet ainsi d'améliorer notablement la performance scolaire lors de situations de test par exemple, puisque, une fois constatées, ces erreurs pourront être annulées par les stratégies de régulation. A l'instar de Winne (2001), nous pensons que le contrôle est le *pivot de la séquence autorégulée*, car en apportant de l'information il crée des opportunités pour changer de stratégies et pour remédier aux erreurs diverses commises.

Comme les stratégies de préparation de l'action, les stratégies de contrôle ont le désavantage d'encombrer la mémoire de travail, bien qu'elles puissent devenir plus automatiques avec la pratique (Baddeley, 1986, Case, 1985). Particulièrement, le *monitoring* constitue une surveillance constante ou continue qui s'effectue parallèlement à l'activité menée, et les deux charges cognitives de l'application de la procédure arithmétique et de son contrôle s'additionnent. La stratégie de monitoring est donc particulièrement difficile à mener lorsque les procédures ne sont pas automatisées (ce qui est souvent le cas auprès des enfants fréquentant l'école primaire). Les trois autres stratégies de contrôle décrites ont par contre l'avantage de pouvoir être menées après une action (ou entre deux actions d'une même procédure), sans donc se cumuler avec l'application de la procédure elle-même (*stratégies rétrospectives*). Cette gestion de contrôle périodique plutôt que continue permet donc de contourner les limites de la mémoire de travail en séquençant le contrôle plutôt qu'en le superposant. Ces trois procédures de

contrôle constituent selon nous une alternative intéressante au monitoring, car elles peuvent être menées plus facilement, et donc de manière plus approfondie.

De plus, l'utilisation *prospective* des stratégies de contrôle des opérations et d'évaluation du progrès vers le but est également plus difficile, à la cause de la combinaison des charges cognitives de la stratégie elle-même et de la représentation mentale de la ou des procédures envisagées sur lesquelles le contrôle porte. Les retours en arrière sont sans doute parmi les plus efficaces (stratégies rétrospectives), car l'action menée est déjà sous les yeux de celui qui les a mises en œuvre. Ne nécessitant plus leur représentation mentale, la charge cognitive en est diminuée.

En résumé, une confusion importante est constatée dans la littérature entre les différents termes relatifs au contrôle. En proposant une classification particulière valable dans le cadre des résolutions de problèmes arithmétiques (monitoring, évaluation de la poursuite du but, contrôle des opérations et évaluation des résultats arithmétiques), nous identifions plus clairement les multiples composants du contrôle, que nous pourrons dès lors différencier dans nos recherches. En terme d'efficacité, les stratégies rétrospectives apparaissent particulièrement utiles dans le cas de tâches complexes, comparativement aux stratégies concurrentes (monitoring) et prospectives. Comme nous l'avions décrit pour la stratégie de planification, c'est par un effet de segmentation que cette différence d'utilité se joue, le contrôle rétrospectif permettant de séparer les charges cognitives relatives à l'activité de contrôle d'une part et aux activités auxquelles elle fait référence d'autre part (conduite de la procédure dans le cas du monitoring, et représentation mentale de l'action cognitive ou de son résultat pour les stratégies prospectives).

3.3.2. La régulation

La stratégie de régulation a pour but d'utiliser les informations obtenues par les stratégies de contrôle pour adapter ses actions en vue de parvenir avec efficacité et précision au but fixé. Alors que la planification est proactive, dans le sens où elle anticipe des actions à venir et les programme vers la recherche d'un état désiré, la stratégie de régulation est selon nous l'instance réactive par excellence du processus d'autorégulation. En fonction des informations ramenées par la stratégie de contrôle et de leur confrontation au but, elle permet un ajustement par la modification des actions passées ou à venir, et la suppression des erreurs établies. Elle permet dès lors qu'une résolution ne soit pas menée une fois pour toutes, mais puisse être revue et adaptée au cours de l'activité. Elle génère le caractère dynamique de la séquence d'autorégulation : grâce à elle, l'individu peut rebondir à partir des actions déjà menées.

Il ne faut bien entendu pas confondre la stratégie de régulation avec le processus global de l'autorégulation. Si les deux termes sont aussi proches lexicalement, c'est selon nous que la régulation constitue le fondement du processus d'autorégulation, en ce qu'elle reflète son caractère adaptatif. La stratégie de régulation ne constitue cependant que le point d'aboutissement de la séquence autorégulée, conditionné par les résultats de l'application de l'ensemble des processus préalables, beaucoup plus exigeants que la régulation elle-même. Comme la solution d'un problème n'est que le point d'orgue de tous les processus qui ont été menés pour l'obtenir, la régulation n'est que l'aboutissement de tous les mécanismes qui ont préparé et contrôlé l'action. Cet ajustement, finalement peu coûteux, se fait selon nous en fonction du type de contrôle appliqué.

Tant que le *monitoring* ne donne pas de signal d'alerte, l'action continue telle que programmée. Si un signal est donné, un processus de correction apparaît : le cours de l'activité ralentit pour faire le point de la situation (Baker & Brown, 1984). Alors que ce monitoring était inconscient ou semi-conscient, la régulation qui lui succède est généralement consciente (Flavell, 1981). Une analyse plus approfondie et systématique de cette impression « d'anormalité » est effectuée selon nous via un des trois autres types de contrôle. Dans l'exemple cité au sein de la section précédente (division donnant un reste non nul, alors que cela ne s'était jamais produit en classe), l'enfant analysera successivement et dans un ordre qui lui est propre les causes possibles de cette anormalité. La question « Ai-je fait une erreur de calcul ? » amène une sous-stratégie de vérification des résultats, tandis que celle « devais-je vraiment faire une division ? » implique une sous-stratégie de contrôle des opérations.

Suite à *l'évaluation des progrès vers l'atteinte du but*, l'individu définit si l'état présent est conforme ou non à l'état désiré. Si l'élève se rend compte que les procédures qu'il a mises en œuvre n'aboutissent pas au but, il doit envisager d'autres modes de résolution et planifier d'autres procédures qui s'ajoutent à celles déjà menées. Le mode de régulation ici privilégié est donc un retour vers la stratégie de planification, que nous appelons planification secondaire (cf. section 3.2.2).

Suite au *contrôle des opérations*, l'individu décide de maintenir ou de modifier les actions déjà menées ou planifiées, afin de (ré)inscrire sa résolution dans la lignée du but. Que ce soit dans le cas d'un constat de l'inadéquation d'une intention (première sous-stratégie) ou d'une traduction erronée de l'intention en opération arithmétique (deuxième sous-stratégie), l'élève doit supprimer certaines des actions qu'il a menées, avant de planifier une nouvelle séquence d'actions prenant pour origine l'étape contenant une erreur. Si je revois l'ensemble des trois

étapes du problème à la fin de ma résolution et que je constate une erreur à la première étape, il est en effet évident que les étapes suivantes prenant appui sur cette première étape seront incorrectes elles aussi.

La *vérification des résultats* fournit des informations précises sur un aspect spécifique du problème et induit souvent directement la correction. L'élève qui reproduit un calcul (vérification empirique des résultats) et obtient une réponse différente, soit corrige directement le résultat, soit applique un nouveau contrôle pour déterminer si c'était la première (mise en œuvre) ou la seconde (contrôle) réponse qui était incorrecte. L'apprenant qui se rend compte par une procédure de preuve arithmétique ou par un raisonnement déductif d'une erreur de calcul reproduit généralement la procédure de calcul, en espérant obtenir une réponse correcte au deuxième essai.

La régulation jusqu'ici décrite porte sur les actions menées pour résoudre un problème. A l'instar de Wong (1985), nous souhaitons cependant mettre en évidence l'existence de deux autres éléments pouvant être régulés : les buts et les connaissances métacognitives.

La *régulation du ou des buts* est une autre manière de se réguler en cas de difficulté liée à la poursuite du but (Nguyen-Xuan et al., 1990). Imaginons que, étant un étudiant en blocus pour une session d'examens, je me suis fixé l'objectif de terminer la compréhension d'un cours pour 18h le soir même. Le cours se révèle plus ardu que prévu et à 16h je suis encore très loin du compte. Je peux réaliser une régulation de deux manières différentes : (1) je tente de travailler de manière plus efficace pour essayer de terminer malgré tout dans les temps ; (2) je reporte l'atteinte du but à la soirée ou au lendemain. Le premier mode de régulation agit sur le comportement que je déploie ; le second porte sur une modification du but. Nos buts sont ainsi souvent adaptés au fil du déroulement des actions menées et surtout de leurs résultats. Dans le cadre des résolutions de problèmes arithmétiques, cette modification porte à nouveau sur la représentation mentale que l'individu s'est constitué du but. Il arrive bien souvent que des élèves ne réalisent pas un réel travail d'analyse du but en début de tâche. Ils peuvent heureusement revenir par la suite à l'énoncé et réaliser réellement, ou affiner, leur compréhension du but de la tâche. Plus largement, leur représentation globale de la tâche peut ainsi être revue. Cette régulation du but est prise en compte dans de nombreux modèles de l'autorégulation. Dans celui de Carver & Scheier (2000 – cf. section suivante), une boucle de rétroaction est définie sur les comportements, mais également sur les buts.

A l'inverse de la régulation des activités et de celle des buts, la régulation des connaissances métacognitives (Bouffard, 1998, Zimmerman, Bonner & Kovach, 2000) ne cherche pas à influencer le résultat de la tâche en cours, mais agit plutôt au profit de l'issue de tâches ultérieures. L'individu prend distance par rapport à la tâche menée, et réfléchit à ce que la tâche lui a appris par rapport aux diverses catégories de connaissances métacognitives. L'apprenant peut évaluer l'efficacité des stratégies de résolution qu'il a menées, et en déduire si elles sont adaptées ou non à ce genre de situations. Il peut réfléchir aux caractéristiques de la tâche qui l'ont rendue difficile ou facile. De situation en situation, ces réflexions permettent un affinement progressif de son répertoire de connaissances métacognitives. Ce type de régulation est souvent mené par un travail d'auto-réflexion mené en fin de tâches (Zimmerman, 2000).

3.3.3. La régulation : charnière vers la circularité de l'autorégulation

La stratégie de régulation personnalise le caractère circulaire de l'utilisation des stratégies d'autorégulation. Elle évoque le repositionnement de l'individu en fonction des résultats transitoires obtenus et des erreurs observées lors de l'application de la stratégie de contrôle. Ce repositionnement implique la mise en œuvre (et donc l'anticipation) d'une nouvelle séquence d'actions, qui sera elle-même contrôlée et régulée. Ce fonctionnement perdure (si du moins les facteurs motivationnels et volitifs maintiennent un niveau d'engagement suffisant) jusqu'au moment où le résultat de l'action menée constitue l'état recherché. Zimmerman (2000) décrit que l'autorégulation est cyclique, car le feed-back d'une performance antérieure est utilisé pour réaliser les ajustements durant l'effort en cours.

Ce caractère itératif ou de récursivité se retrouve dans les modèles ou conceptions d'auteurs de tout bord (Ferrari, Bouffard & Rainville, 1998, Kanfer & Hagerman, 1987, Thiede et al., 2003, Winne & Perrry, 2000). On le retrouve particulièrement dans les modèles de l'apprentissage autorégulé inspirés des théories du traitement de l'information. Le concept de boucle de rétroaction y est le principe directeur. A titre d'exemple, voyons le modèle de Carver & Scheier (2000, cf. figure 3.2).

Le modèle est centré sur un comparateur, qui réalise la confrontation entre l'état actuel de l'activité et la valeur de référence (ou standard). Il est également basé sur le principe d'une double rétroaction : une rétroaction primaire (que nous appelons régulation des activités) et une régulation secondaire (régulation du but).

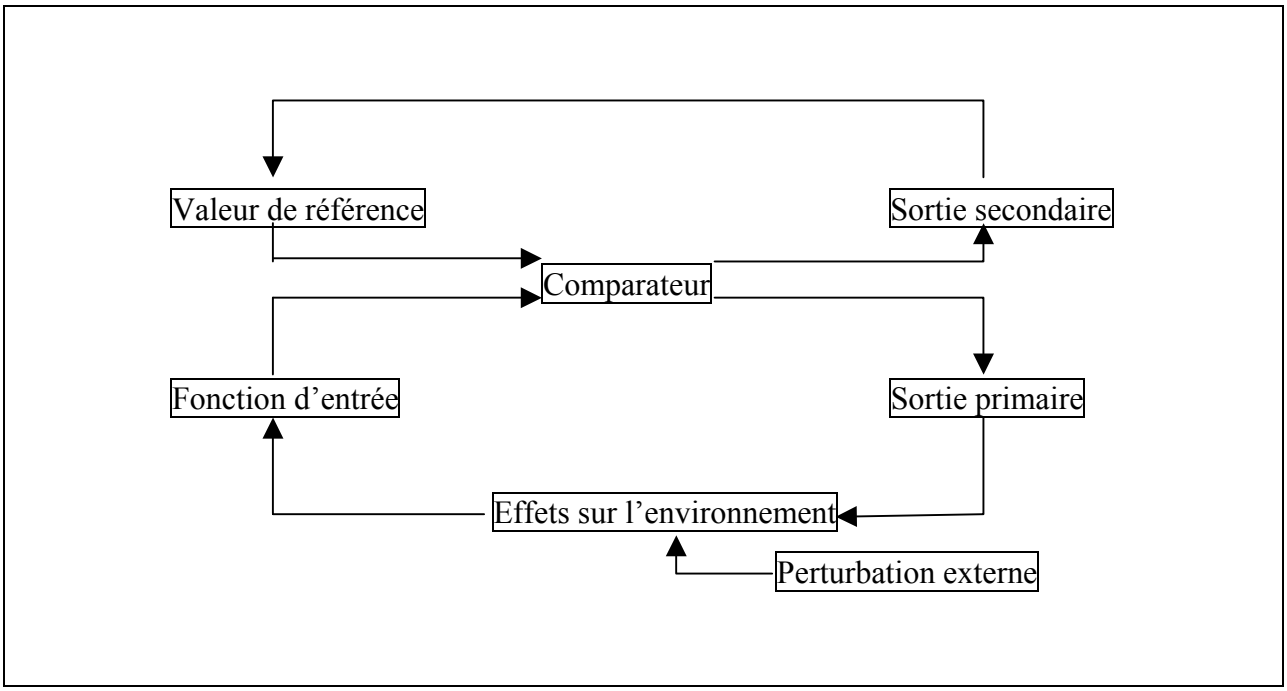

Figure 3.2. Traduction du modèle de l'autorégulation de Carver & Scheier (1998, 2000).

Dans la boucle inférieure (régulation des activités), l'individu porte une action (sortie primaire) qui amène une modification sur l'environnement ou sur l'état de la tâche. Dans des situations dynamiques, cette modification peut également provenir de changements issus de l'environnement lui-même (perturbation externe). De manière similaire au modèle de Bandura (1986) présenté dans le chapitre 2, la phase de contrôle est représentée en deux sous-étapes : (1) la fonction d'entrée symbolise la prise d'informations et l'envoi de ces informations vers le comparateur ; (2) le processus de comparaison se fait au niveau du comparateur grâce à l'introduction simultanée des informations obtenues et de la valeur de référence fixée au préalable. En fonction de ce processus de comparaison (interprétation des informations récoltées), de nouvelles actions sont envisagées et menées (nouvelle sortie primaire). Ce cycle continue jusqu'au constat, au niveau du comparateur, que les informations fournies par la fonction d'entrée et la valeur de référence sont similaires.

La boucle supérieure traite de la régulation du ou des but(s). En fonction des mêmes informations interprétées au niveau du comparateur, une boucle s'instaure via la sortie secondaire pour modifier la valeur de référence établie au départ. Ainsi, l'objectif, qui constitue fondamentalement un élément décisionnel préalable à l'action, est continuellement ajusté en cours d'action. Durant la réalisation d'une tâche, l'individu peut donc réviser sa représentation

du but et l'affiner ou la corriger. Remarquons que ce modèle met peu en évidence le caractère anticipatif de l'apprentissage autorégulé, exprimé généralement par la phase de préparation de l'action (Hoc, 1996, Zimmerman, 2001).

Ce caractère circulaire, initié par la stratégie de régulation, est un levier important pour gérer les limites de la mémoire de travail. Nous avions décrit précédemment que la planification était utile pour gérer la charge cognitive, en séparant préparation et mise en œuvre de l'action. Nous avions également abordé l'idée que, face à des tâches particulièrement complexes (en terme des interactions nécessaires à la résolution), une planification complète n'était pas toujours possible, et qu'une planification partielle ou schématique était alors mise en œuvre. La stratégie de contrôle (évaluation du progrès vers le but essentiellement) vient compléter les manques de ces planifications partielles en refaisant le point de la situation après avoir mené une séquence d'actions programmées. Evaluant le point de résolution où nous avons abouti et le but que nous nous sommes fixés, la stratégie de régulation nous permet de réaliser une deuxième séquence de planification (appelée planification secondaire) qui permettra de compléter la résolution et donc d'aboutir à la solution. Sans l'application d'une stratégie de régulation (et donc du contrôle qui la sous-tend), les problèmes trop complexes pour être traités en une seule vague ne pourraient en aucun cas être résolus. Un moyen efficace de faire face aux limites de la mémoire de travail consisterait donc à favoriser des boucles plus courtes dans le fonctionnement circulaire de l'apprentissage autorégulé.

3.3.4. Conclusion

Après avoir préparé au mieux de ses possibilités les procédures à appliquer par les stratégies de détermination du but et de planification, l'individu les met en œuvre. Parallèlement, l'apprenant autorégulant utilise des stratégies de contrôle et de régulation pour optimaliser l'application des procédures. Sous les termes de contrôle et de régulation se cachent cependant une série de sous-processus. Dans le domaine de la résolution de problèmes arithmétiques, nous avons distingué le monitoring, le contrôle des opérations, l'évaluation du progrès réalisé vers le but et la vérification des résultats arithmétiques, et avons décrit que les types de régulation varient en fonction du type de contrôle ayant apporté de l'information. Nous avons également évoqué que les sous-stratégies de contrôle étaient elles-mêmes des construits complexes, décrivant les modes de contrôle logiques et empiriques pour la vérification des résultats arithmétiques, et la division du contrôle des opérations en contrôle de l'adéquation des intentions et contrôle de la traduction de l'intention en opération arithmétique.

Ces stratégies permettent de repérer et donc de corriger les erreurs qui ont été commises, que ce soit dans le choix de l'intention, dans la traduction de l'intention en choix de l'opération arithmétique ou dans l'application de cette dernière. Ces vérifications permettent dès lors de minimiser le risque que la résolution contienne des erreurs.

Elles jouent de plus un rôle important pour contourner les limites spatiales de la mémoire de travail. Suite aux planifications partielles qui sont inévitablement établies dans le cas de problèmes trop complexes, elles jouent un rôle de pivot entre deux séquences de la résolution, en contrôlant l'état actuel de résolution et en suscitant une phase de planification secondaire.

3.4. Conclusion

Si les quatre stratégies d'autorégulation décrites dans cette large section sont conceptuellement distinctes les unes des autres, il apparaît clairement que les relations qui les unissent sont de l'ordre d'une forte interdépendance : la planification ne peut se réaliser sans la définition du but, la régulation nécessite l'information ramenée par les stratégies de contrôle, … Chacune de ces stratégies, ou des sous-processus qui les composent, participe à rendre le processus global de l'autorégulation efficace. Outre la description des différentes stratégies et leur adaptation au contexte des problèmes arithmétiques, nous avons en effet décrit leur utilité dans la réussite des résolutions.

Les stratégies d'autorégulation sont contraintes par et doivent s'adapter à la charge cognitive maximale gérable par l'individu, puisque, étant des processus cognitifs, elles occupent inévitablement une part de la mémoire de travail. Cependant, elles agissent pour diminuer la charge cognitive à tout moment de la résolution en proposant un traitement séquentiel plutôt que simultané des divers processus cognitifs. Ces stratégies permettent en effet une gestion des limites de la mémoire de travail par une séparation des diverses activités cognitives nécessaires à la résolution. L'application des stratégies de préparation de l'action engendre une séparation de la décision de l'action et de sa mise en œuvre (cf. section 3.2). Une segmentation du problème en divers sous-systèmes ou étapes gérables en terme de charge cognitive est réalisée par la stratégie de planification (cf. section 3.2.2). La circularité des processus d'autorégulation offre la possibilité d'une planification secondaire, via les informations ramenées de l'application d'une stratégie de contrôle (menée sur base du point de référence fourni par la stratégie de détermination du but). Ce caractère de circularité permet dès lors d'induire des boucles courtes à partir d'une planification partielle (cf. section 3.3.3). Enfin, l'utilisation de stratégies rétrospectives de contrôle permet d'une part de séparer les charges cognitives de l'application

des procédures et de leur contrôle (contrairement au monitoring), et d'autre part de ne pas devoir générer une représentation mentale de la procédure contrôlée comme dans le cas des stratégies prospectives de contrôle (cf. section 3.3.1).

Les stratégies d'autorégulation ont cependant d'autres utilités que celles liées à la charge cognitive. Les stratégies de préparation de l'action jouent notamment un rôle de sélection des connaissances déclaratives et procédurales de l'individu (cf. sections 3.2.2 et 3.2.3). La représentation du but de la tâche permet d'une part de fournir la direction à suivre pour parvenir à la solution, et d'autre part d'activer les connaissances pertinentes à la résolution. Sur cette base, la stratégie de planification permet alors d'organiser au mieux les actions de l'individu, en sélectionnant et ordonnant les procédures adéquates. A un autre niveau, l'application de la stratégie de contrôle permet de détecter différents types d'erreurs arithmétiques, et la régulation permet les ajustements et corrections nécessaires (cf. sections 3.3.1 et 3.3.4). L'utilisation de ces stratégies permet dès lors d'optimaliser le résultat en fonction des connaissances déclaratives et procédurales de l'individu.

En tant que gestionnaires des limites de la mémoire de travail, en tant qu'organisatrices des connaissances de l'individu et des actions à mener pour parvenir à la résolution, et en tant que vérificatrices des actions entreprises aux différents niveaux arithmétiques, les stratégies d'autorégulation décrites constituent une aide précieuse dans la réussite des résolutions de problèmes arithmétiques. Cette hypothèse, qui paraît fortement justifiée au plan théorique, rencontre-t-elle l'appui de données empiriques ? Nous traitons dans la section suivante des recherches menées afin d'explorer cette question.

4. L'utilité envers la performance scolaire

La plupart des modèles de l'apprentissage autorégulé sont basés sur le principe que l'emploi des stratégies d'autorégulation est utile ou nécessaire à l'obtention d'un apprentissage solide et d'une performance scolaire satisfaisante. Nous avons nous-même tenté dans la section 3 de ce chapitre d'argumenter pourquoi et comment ces stratégies peuvent générer une performance scolaire optimale en fonction des connaissances préalables de l'individu. Qu'en est-il cependant dans les recherches ? De manière générale, nous y observons des relations significativement positives, mais d'intensité modérée entre les mécanismes d'autorégulation et la performance.

Au sein du paradigme de l'apprentissage autorégulé, l'étude la plus citée à ce propos est celle de Pintrich et De Groot (1990). A l'aide d'une méthodologie par questionnaire, ces auteurs ont observé des corrélations significatives de l'ordre de .22 à .36 avec des sujets d'une moyenne

d'âge de 12,5 ans ($p < .001$ ou $p < .01$ selon les stratégies, $N = 173$). Lors d'une méta-analyse dans le domaine de la mémoire, Schneider (1985) obtient une corrélation significative de .41. Wang, Haertel et Walberg (1990) observent dans une autre méta-analyse que les stratégies que nous avons décrites constituent la catégorie de facteurs qui influence le plus l'apprentissage, malgré des corrélations moyennes variant entre .10 et .33 seulement.

Les travaux de Zimmerman et Martinez-Pons permettent d'affiner ces résultats généraux. Sur base d'entrevues structurées avec des élèves et avec des enseignants du niveau des *High Schools,* ces auteurs (1986 avec les élèves, 1988 avec les enseignants) ont montré que les élèves les plus performants sont aussi ceux qui rapportent la plus grande utilisation des stratégies d'autorégulation. Avec les élèves plus jeunes (*grade 5, 8, 11*), les résultats sont moins catégoriques (Zimmerman & Martinez-Pons, 1990) : les élèves performants rapportent plus de stratégies de détermination de l'objectif et de planification que les élèves réguliers, mais pas plus de contrôle (prise d'information et monitoring).

D'une part, les résultats varient donc selon *l'âge des sujets*, au profit des élèves plus âgés. Schneider (1998) rapporte également diverses études observant que les liens sont plus marqués avec les élèves à partir du milieu du secondaire qu'avec des élèves plus jeunes (voir aussi Forrest & Waller, 1979, dans Baker & Brown, 1984). Normandeau et Guay (1998) observe par contre des corrélations significatives et relativement intenses ($r = .58$ pour le français et $r = .59$ les maths, $p < .05$, $N = 291$) avec des élèves de l'enseignement maternel et de première primaire. Des études complémentaires seraient donc utiles pour informer les relations entre performance et stratégies d'autorégulation dans l'enseignement primaire.

D'autre part, les résultats varient selon *les stratégies concernées*, au profit de l'anticipation, mais au détriment du contrôle. Masui et De Corte (1999) observent une relation significative entre performance scolaire et stratégies de préparation de l'action ($r = .35$, $p < .001$, $N = 121$) avec un public universitaire. Sexton, Harris et Graham (1998) observent également que les bons écrivains s'engagent plus dans des activités de détermination des buts et de planification primaire et secondaire que les élèves plus faibles. Lucangeli et Cornoldi (1999) constatent que la planification est un excellent prédicteur de la performance dans diverses matières scolaires (enfants entre 8 et 11 ans). En arithmétique, ces auteurs obtiennent des coefficients de régression de .62 ($r^2 = .09$) pour la planification.

Si l'association entre stratégies de préparation de l'action et performance scolaire paraît indiscutable, les résultats obtenus quant à la stratégie de contrôle sont moins convergents. Dans

l'étude décrite ci-dessus, Lucangeli et Cornoldi (1999) observent également que le contrôle est un bon prédicteur de la performance, notamment dans le domaine arithmétique ($r^2 = 0.07$). Nietfeld et Schraw (2002) obtiennent un lien significatif ($r = .30$, $p < .01$) avec une population universitaire, de même que Thiede et al. (2003). Ils citent eux-mêmes de nombreuses autres études ayant montré les mêmes résultats (Alexander et al., 1995, Baker, 1989, Garner, 1987, Garner & Alexander, 1987, Maki & Berry, 1984, Pressley & Afflerbach, 1995, Schraw et al., 1995, Schraw & Moshman, 1995).

A l'inverse, Begg et al. (1992), Dunlosky et Connor (1997) et Dunlosky et Hertzog (1997) n'observent aucun lien significatif (dans Thiede et al., 2003). De même, Ferrari et al. (1998) observent des différences significatives entre étudiantes faibles et fortes en écriture (18 à 20 ans) quant au temps accordé à la phase de préparation de l'action, mais pas quant à celui accordé à la stratégie de contrôle et quant au nombre de révisions effectuées. Ces auteurs, ainsi que Bouffard (1998), soulignent que tout comportement de contrôle n'est pas bon, que certains peuvent être adaptés et d'autres inadaptés. Par exemple, ils constatent que les performants supérieurs sont plus « adéquats » dans les révisions finales que les autres sujets. La distinction entre comportement approprié et inapproprié permet certes des liens empiriques plus solides entre contrôle et performance, mais apporte selon nous peu d'intérêt théorique, puisqu'il est évident qu'un élève se corrigeant dans un sens adéquat aura une performance plus élevée qu'un élève qui se corrige moins bien.

Les résultats semblent également plus consistants quand ils sont mesurés en *situation spécifique* que de manière générale (Bouffard, 1998, Bouffard & Vezeau, 1998, Schneider, 1998). Brown et al. (1983) soulignent que la technique de « l'incident critique » montre de manière récurrente de meilleurs résultats que la demande d'informations générales. Sperling, Howard, Miller et Murphy (2002) n'observent qu'une corrélation basse avec un inventaire général en résolution de problème ($r = .17$, $p < .05$, $N = 157$) et en compréhension de texte ($r = .20$, $p < .05$, $N = 157$). Zimmerman et Martinez-Pons (1986) obtiennent par contre des corrélations significatives et plus intenses entre stratégies d'autorégulation et performance en mathématiques ($r = .55$, $p < .05$, $N = 80$) et en langue maternelle ($r = .56$, $p < .05$, $N = 80$) à l'aide de mises en situations spécifiques. O'Neill et Abedi (1996) obtiennent également une corrélation de .46 à l'aide de mesures « on-line » (prises spécifiquement au moment de la mise en œuvre des processus). Ces meilleurs résultats seraient dus à une plus grande fiabilité de la mesure. Nous reviendrons sur cette différenciation des méthodologies dans la section 6.

Les études menées pour caractériser les *enfants en difficultés* d'apprentissage sur le plan de l'autorégulation ont généralement mis en évidence des déficiences majeures quant à ces stratégies (Loper & Murphy, 1985 et Wong, 1985 pour revues). Il apparaît en effet que ces élèves sont moins aptes à planifier des lignes de conduite, effectuer un monitoring de leur effort en cours de tâche, réaliser des vérifications des résultats, identifier leurs erreurs (déficit de contrôle) et les corriger (déficit de régulation). Ils disposent de stratégies cognitives d'apprentissage, mais ne les utilisent pas à bon escient (Bouffard & Vezeau, 1998). Ils ne mettent par exemple pas en œuvre de stratégies de correction (cf. chapitre 3, section 3.3.2). Vauras et al. (1999) constatent également cette insuffisance des mécanismes d'autorégulation et décrivent ces élèves comme plus dépendants de la régulation externe (cf. section suivante). Wong (1985) décrit cependant que des résultats contradictoires apparaissent : Olshavsky (1977) observe une absence de différence concernant le monitoring de la compréhension et Wong (1982) constate la même chose quant à la planification.

Toutes ces études ont été menées dans le cadre de la langue maternelle (lecture, écriture, orthographe). Qu'en est-il dans les résolutions de problèmes mathématiques ? Cardelle-Elawar (1995) constate le manque de vérification de la solution chez les élèves sous-performants. Nelissen (1987, dans Boekaerts, 1997 et De Corte, Verschaffel & Op't Eynde, 2000) y observe également des différences significatives quant à la stratégie de contrôle entre élèves sous-performants et réguliers. De Corte et Somers (1982) ont obtenu le même résultat avec des élèves de sixième primaire. Dans une étude qualitative menée en prélude de notre travail doctoral, nous avons nous-mêmes observé, auprès de quatre élèves en difficulté majeure dans les apprentissages mathématiques (cinquième primaire), les déficiences présentées par ces enfants quant aux stratégies d'autorégulation (Focant, 2004, cf. annexe 1). Il y apparaît non seulement que ces enfants n'utilisent pas spontanément ces stratégies, mais que même sous la demande directe de l'adulte, ils sont incapables de les mettre en œuvre. Les deux stratégies de préparation de l'action s'y sont révélées particulièrement déficitaires, démontrant clairement une prévalence de l'agir sur le réflexif.

Les études réalisées sur les *jeunes à haute performance* démontrent généralement que ces élèves passent plus de temps à planifier et revoir leur production, et sont plus actifs dans leur contrôle (Ferrari et al., 1998). Hayes et Flower (1986) constatent également que les lecteurs haut-performants réalisent plus de révisions que les lecteurs sous-performants, et Englert, Hiebert & Stewart (1988) observent la même chose quant aux détections des incohérences. Parallèlement, les études de Schoenfeld (1985, 1992) ont montré que les experts passent beaucoup plus de

temps que les novices sur l'analyse de la tâche, à la planification et la vérification des résultats. Fuchs et al. (2003) décrivent aussi que les experts passent plus de temps à la phase de préparation et agissent avec plus de flexibilité, tandis que Beal, Garrod et Bonnitatibu (1990) montrent la même chose en terme de temps, mais aussi en terme d'efficacité, quant aux révisions de leur travail. Les experts semblent vérifier des aspects spécifiques de leur travail, alors que les novices contrôlent de manière générale (Hayes & Flower, 1986). Des études contradictoires existent cependant (Glenberg & Epstein, 1987, Nietfeld & Schraw, 2002).

Enfin, les *programmes d'entraînement* aux stratégies d'autorégulation semblent augmenter sensiblement la performance, ce qui permet d'inférer que l'acquisition des stratégies d'autorégulation ou leur développement améliore la performance scolaire (Beal et al., 1990, Chouinard, 1998, Ferrari et al., 1998). Loper et Murphy (1985) constatent dans leur revue de littérature que les programmes menés envers les élèves en difficulté d'apprentissage ont généralement un effet important sur la performance ultérieure en langue maternelle. Wong (1985) constate la même chose à partir de Palincsar (1982) et Wong et Jones (1982). En contexte de résolutions de problèmes verbaux arithmétiques, Cardelle-Elawar (1992 et 1995) observe les mêmes résultats avec des élèves de sixième primaire et Chouinard (1998) dans le secondaires (âge moyen = 14,5 ans).

Les travaux de Englert, de Graham, et de leurs collaborateurs ont cependant montré que les programmes couplant stratégies d'autorégulation et stratégies disciplinaires (de lecture de texte ou d'écriture par exemples) sont plus efficaces que ceux traitant exclusivement des stratégies d'autorégulation (cf. Ferrari et al., 1998 et Fuchs et al., 2003, Graham & Harris, 1992). De même, le programme d'entraînement de De Corte (2001), couplant stratégies d'autorégulation et stratégies cognitives, génère un effet stable et significativement positif en résolutions de problèmes arithmétiques, en cinquième primaire (voir aussi Sawyer, Graham & Harris, 1992, dans le domaine de la grammaire). Tardif (1992) constate également que des connaissances disciplinaires sont nécessaires pour réellement profiter des stratégies d'autorégulation (notamment à l'aide de Gagné, 1985 et Glover et al., 1990). Nietfeld et Schraw (2002) décrivent enfin que les programmes les plus efficaces sont ceux couplant savoir-faire disciplinaire et autorégulation (contrôle surtout) (cf. Declos et al., 1991, en contexte de résolution de problèmes mathématiques). Ces diverses études mettent à nouveau en évidence les interactions intimes entre stratégies d'autorégulation, stratégies cognitives et connaissances disciplinaires que nous avions décrites à l'aide de Boekaerts (1996, 1997) dans notre deuxième chapitre.

En résumé, les stratégies d'autorégulation sont généralement positivement et significativement corrélées à la performance scolaire. Il apparaît toutefois que l'intensité de ces relations peut varier en fonction de l'âge des sujets, du type de stratégie concerné et du degré de spécificité de la mesure. Notamment, les relations concernant les élèves de l'enseignement primaire, et celles liées à la stratégie de contrôle sont plus discutés que dans les études menées dans la seconde moitié de l'enseignement secondaire ou au-delà et celles évaluant les stratégies de préparation de l'action. Des études complémentaires nous semblent nécessaires au moins à trois niveaux. Premièrement, il nous apparaît intéressant d'obtenir plus d'informations sur la stratégie de contrôle, puisque des résultats contradictoires apparaissent. Deuxièmement, des données complémentaires seraient utiles avec des élèves plus jeunes, pour les mêmes raisons. Enfin, beaucoup de recherches ont été menées dans le cadre de la lecture et de la mémoire. Les tâches mathématiques sont encore trop largement inexplorées.

5. Le développement des stratégies d'autorégulation

Si les stratégies d'autorégulation décrites sont liées à la performance scolaire, il paraît utile de stimuler les enfants à acquérir, à développer et à utiliser ce type de stratégies. Ceci nécessite de comprendre d'une part comment se développent naturellement (c'est-à-dire sans intervention spécifique) ces capacités au cours de l'enfance et de l'adolescence, et d'autre part dans quelle mesure l'adulte peut intervenir pour tenter de développer positivement ces capacités. Que peut-on attendre d'un enfant de 8 ou de 14 ans ? A partir de quand doit-on considérer qu'il y a un déficit autorégulateur (selon l'âge de l'enfant) ? Quelles compétences l'adulte peut-il stimuler efficacement, comment et à quel moment ?

5.1. Le développement naturel des stratégies d'autorégulation

Les premières compétences autorégulatrices seraient acquises très précocement. Des enfants de deux ans corrigent déjà leurs erreurs de langage ou de résolution de problèmes, et des élèves en âge d'école maternelle présentent des réactions à l'adulte différentes si les informations présentées sont informatives ou non (DeLoache et al., 1981, dans Brown et al., 1983, Patterson, Cosgrove & O'Brien, 1980, Schneider, 1998, Siegler, 2001, Wong, 1985). Ce type de régulation reste cependant très limité (Kopp, 1982). Il est basé sur un comportement mené par essais-erreurs, et les mécanismes plus planifiés et plus constants n'apparaissent que plus tardivement. De manière générale, les comportements autorégulés s'affineraient particulièrement depuis le milieu de l'enfance et durant l'adolescence (Falardeau & Loranger, 1993). Cette évolution se poursuit jusqu'à la fin de la scolarité obligatoire au moins, diverses études mettant en évidence

que des évolutions importantes se produisent durant l'adolescence (Pintrich & De Groot, 1990, Zimmerman & Martinez-Pons, 1990). Précisons cette tendance générale pour chacune des stratégies d'autorégulation.

Flavell (1981) montre l'accroissement avec l'âge de la prise en compte consciente et volontaire du ou des *but(s)* : conscience du but dans l'entreprise cognitive, clarification volontaire des buts non clairs, définition intentionnelle des buts, poursuite de buts fournis par l'entourage et non seulement de buts autogénérés, poursuite de plusieurs buts simultanément. Zimmerman et Martinez-Pons (1990) ont montré plus précisément une amélioration significative des capacités de détermination du but et de planification de la cinquième primaire à la deuxième secondaire ; elles semblent ensuite se stabiliser.

Dans une revue de littérature, Schneider (1998) décrit le développement de la *stratégie de régulation* (même s'il n'utilise pas ce terme) dans le domaine de la mémoire. Il observe que, selon les études, elle évolue particulièrement à partir de la troisième primaire (Masur et al., 1973, Pressley et al., 1987, 1989) ou de la cinquième primaire (Bisanz et al., 1978, Dufresne & Kobasigawa, 1989). Beal (1990) observe par contre une similitude du niveau de correction des erreurs entre la quatrième et la sixième primaire. Remarquons que la régulation a souvent été évaluée en fonction des révisions effectuées. Celles-ci nécessitent le contrôle (détection d'un problème) et la régulation (modification), et nous ne pouvons déterminer quelle est la stratégie réellement mise en cause.

Selon Schneider (1998), les résultats concernant le développement de la *stratégie de contrôle* portent plus à discussion. Falardeau et Loranger (1993) observent une amélioration significative de la capacité de contrôle de la troisième primaire à la cinquième secondaire. Beal (1990) observe la même évolution de la quatrième à la sixième primaire, et Englert et al. (1988) de la troisième à la sixième primaire. Paris et Winograd (1990) rapportent cependant que les enfants du primaire ont de grosses difficultés à s'évaluer précisément après avoir mené une tâche, ayant une forte tendance à surestimer leur performance. Ils croient par exemple avoir compris ce qu'ils ont lu, ou connaître ce qu'ils ont étudié, alors que ce n'est pas le cas (Baker & Brown, 1984). Ces faiblesses d'auto-évaluation sont perçues comme des déficits de monitoring, puisque un enfant qui surveille sa compréhension repère inévitablement les contradictions ou les lacunes. Hayes et Flower (1986) évoquent également la difficulté des révisions (et donc a fortiori du contrôle) en quatrième primaire (voir aussi Beal et al., 1990), mais également encore en deuxième secondaire. Si les capacités de contrôle de l'enfant évoluent durant la seconde partie de l'enseignement primaire, des difficultés semblent donc persistantes à travers tout l'enseignement

primaire et encore à l'école secondaire. De plus, Zimmerman et Martinez-Pons (1990) constatent que l'évolution du contrôle n'est pas linéaire. Généralement, les scores évoluent entre la cinquième primaire et la deuxième secondaire, mais diminuent ensuite pour revenir en cinquième secondaire à un niveau relativement équivalent à celui observé dans l'enseignement primaire. Des études complémentaires paraissent donc nécessaires quant au développement de la stratégie de contrôle. De nombreux auteurs insistent également sur le fait que la stratégie de contrôle, et plus largement l'ensemble des processus d'autorégulation, laissent apparaître de larges différences inter-individuelles, autant quant à l'état des capacités des enfants que quant à leur utilisation en situation scolaire habituelle (Boekaerts, 1997, Bouffard, 1998, Bouffard & Vezeau, 1998, Paris & Winograd, 1990, Winne, 1996, Winne & Perry, 2000, Zimmerman & Martinez-Pons, 1990).

La mise en œuvre des capacités d'autorégulation dépend aussi de deux autres facteurs : le *degré d'expertise* et la profondeur de la régulation. L'apprentissage d'une habileté exige un traitement complexe qui occupe souvent l'entièreté de la place disponible en mémoire de travail. Durant celui-ci, il apparaît que l'individu peut difficilement réaliser un monitoring de son activité, puisque lui aussi exige une charge cognitive déterminée. Winne (1995) rapporte cette difficulté à se partager entre le traitement visant l'apprentissage et la supervision de ce traitement par le monitoring. Il est dès lors évident que le novice réalise avec beaucoup plus de difficultés le travail parallèle d'autorégulation que l'expert, puisque le premier doit consacrer un grand espace de traitement à l'apprentissage tandis que le second peut attribuer ces ressources à la supervision cognitive de son travail (Boekaerts, 1997).

A l'image de Rasmussen (1986, voir aussi Hoc, 1996), la *profondeur de la régulation* de l'activité varie selon trois niveaux : les automatismes, les règles ou les connaissances conceptuelles. Selon Richard (1998), la régulation par les connaissances conceptuelles se met en place quand l'individu ne dispose pas de réponse automatique ni d'algorithme permettant le traitement de la situation. Elle correspond donc aux situations de résolutions de problèmes. Cette autorégulation consciente, délibérée et menée par la réflexion sur base des connaissances de l'individu, correspond à ce que nous avons décrit de la régulation métacognitive. Elle ne permet pas de raccourci de traitement, d'économie de l'interprétation et de l'évaluation de la situation (Boekaerts & Niemivirta, 2000, Rasmussen, 1986). Anzai et Simon (1979 dans Brown et al., 1983) ont observé le développement de la profondeur de l'autorégulation à travers l'enfance De manière schématique, l'enfant de 5 ans agit par essais et erreurs, ce qui implique qu'il s'observe et se régule en fonction de ses erreurs. Vers 8 ans, l'enfant définit des buts et des plans partiels, il

cherche les règles de fonctionnement du système proposé, ce qui permet des résultats stables sur l'épreuve présentée, mais pas de transfert aux tâches similaires. Enfin, vers 11 ans, l'enfant conceptualise et dirige ses actions par la réflexion, ce qui permet un succès stable et rapide, et le transfert aux tâches similaires. Ce n'est donc que vers cet âge qu'une véritable autorégulation structurée et réfléchie (telle que nous l'avons décrite) serait possible.

Une autre question importante quant au développement des capacités d'autorégulation est de savoir si la mise en œuvre des stratégies nécessite ou non les *connaissances métacognitives* les concernant. Brown et al. (1983) décrivent que l'individu peut se réguler effectivement avant d'en être conscient. Ils illustrent cela par l'idée que la régulation linguistique existe déjà chez le jeune enfant, alors que la conscience linguistique est une capacité de l'adolescence. La connaissance métacognitive ne serait alors qu'une prise de conscience d'une activité menée préalablement. A l'inverse, d'autres auteurs considèrent que la mise en œuvre de toute stratégie nécessite comme prérequis sa connaissance déclarative.

Dans une étude menée avec 178 élèves de la troisième maternelle à la cinquième primaire, Cavanaugh et Borkowski (1980) constatent en effet qu'entre 20 et 25 % des élèves sont faibles quant aux connaissances métacognitives mais forts quant à l'application des stratégies. Les connaissances métacognitives ne constituent donc pas un prérequis à l'utilisation de stratégies (ici autant cognitives que d'autorégulation). A l'inverse, Cornoldi (1998) observe que les enfants développent parfois des connaissances métacognitives à propos d'une stratégie avant de l'utiliser. Par exemple, Cornoldi et Vianello (1992) ont observé que la connaissance métacognitive « la répétition du contenu augmente la probabilité de mémorisation » apparaît chez les enfants d'environ 5 ans, alors que comportement lui-même n'est mis en œuvre que plus tard. Dans ce sens, Baker et Brown (1984) décrivent une séquence développementale où l'individu acquiert tout d'abord des connaissances métacognitives hors de toute tâche scolaire, avant de pouvoir les utiliser, en être conscient et de les intégrer dans un travail de réflexion en cours de tâche. Il apparaît donc que d'une part la connaissance métacognitive n'est pas un simple produit expérientiel de l'activité cognitive, mais que d'autre part elle ne constitue pas un prérequis pour la mise en œuvre de la stratégie concernée.

5.2. Les programmes visant le développement des stratégies d'autorégulation

Les éléments de développement jusqu'ici abordés concernent le développement naturel des capacités d'autorégulation au cours de l'enfance. Ces capacités peuvent-elles être stimulées par l'intervention de l'adulte ? Et si oui, de quelles manières ? Si de nombreux auteurs le supposent

(Boekaerts, 1997, Lafortune, Jacob et al., 2000, Schneider, 1998, Winne, 1996), qu'en est-il des recherches ? Diverses études ont évalué *l'efficacité de programmes d'intervention* visant le développement des stratégies d'autorégulation auprès d'enfants et adolescents (réguliers ou en difficultés d'apprentissage) de divers âges. Nous avons déjà abordé certaines d'entre elles concernant les élèves en difficultés d'apprentissage dans la section précédente. Wong et Jones (1982) et Palincsar (1982 dans Wong, 1985) ont montré qu'on pouvait améliorer le monitoring de la compréhension des élèves faibles en lecture. Beal et al. (1990) montrent que le développement du monitoring par l'application d'un programme d'intervention est déjà possible en troisième et sixième primaire. Masui et De Corte (1999) l'ont mis en évidence pour les stratégies de préparation de l'action avec un public d'étudiants réguliers, et Sexton et al. (1998) avec un échantillon d'enfants en difficultés d'apprentissage. De Corte et al. (2000) décrivent, à l'appui d'une étude de Lester et al. (1989), que les programmes d'entraînement de l'autorégulation doivent être menés sur du long terme pour être réellement efficaces. De Jong et Simons (1992) ont mené une série d'études montrant que ceci est surtout vrai envers les élèves plus jeunes et en difficultés d'apprentissage. Il apparaît donc que les capacités d'autorégulation peuvent être améliorées par divers programmes d'intervention.

Pour de nombreux auteurs, le développement de l'autorégulation se produirait comme une *internalisation progressive* d'une régulation externe ou hétérorégulation (Vygosky, 1978). Par exemple, l'enseignant aide au départ l'enfant à organiser son travail (guidage et contrôle de l'activité), puis l'enfant reprend progressivement à son compte les mécanismes anciennement induits par l'enseignant. La nature interpersonnelle ou sociale de la pensée devient donc intrapersonnelle, à travers l'action de l'agent de changement que constitue l'adulte (Brown et al., 1983). Boekaerts (1999) distingue la régulation interne, externe et partagée. La régulation est interne quand l'individu s'appuie sur ses propres compétences autorégulatrices pour définir personnellement ses objectifs d'apprentissage ; il n'a pas besoin d'instructions ou de guides pour choisir une stratégie d'apprentissage ou une stratégie de résolution de problèmes. La régulation est externe quand l'individu dépend des autres pour débuter ou terminer une tâche ; il s'appuie sur les compétences autorégulatrices de l'enseignant plutôt que sur les siennes. La régulation est partagée ou double quand l'élève se situe entre ces deux extrêmes. Les interventions menées pour développer les capacités d'autorégulation doivent donc être considérées comme une transmission des rênes à l'enfant (Boekaerts, 1997).

Paris et Winograd (1990) proposent *quatre types d'interventions* visant le développement des capacités d'autorégulation : l'explication directe, le tutorat, l'entraînement cognitif et

l'apprentissage coopératif. Cette synthèse des divers types de programmes ayant été menés est bien entendu caricaturale, et nombre d'interventions se situent à la frontière de plus d'un de ces types. Ce n'est de plus qu'une des classifications possibles (pour un éventail plus large, cf. notamment Montalvo & Torres, 2004, et Schunk & Zimmerman, 1998). Boekaerts (1997) propose par exemple un programme permettant le passage de la régulation externe à la régulation interne combinant diverses interventions. Nous ne nous y attarderons cependant que de manière brève puisque nos recherches doctorales ne portent pas sur ces aspects d'intervention.

Les programmes *d'explication directe* décrivent aux élèves cinq caractéristiques clés relatives à chaque stratégie abordée (Winograd & Hare, 1988) :

1. Ce qu'est la stratégie : décrire les caractéristiques critiques de la stratégie, ou fournir une définition et une description de celle-ci.
2. Pourquoi la stratégie doit être utilisée : expliquer le but et les bénéfices de la stratégie.
3. Comment utiliser la stratégie : décrire les différentes étapes aussi clairement que possible (éventuellement en utilisant des analogies, des pensées à haute voix ou d'autres aides instructionnelles).
4. Quand et où la stratégie doit être utilisée : expliquer les circonstances appropriées dans lesquelles la stratégie doit être employée.
5. Comment évaluer l'utilisation de la stratégie : réfléchir si la stratégie a été utile, et ce qui se serait passé si elle n'avait pas été employée.

Les avantages de ce type d'instruction sont la possibilité de mener ce programme en grand groupe (classe par exemple), et l'efficacité pour étendre le stock de stratégies chez l'enfant (même si elles ne deviennent pas toujours fonctionnelles dans un premier temps). Les effets directs sur la performance scolaire sont cependant limités (Duffy, Roehler, Meloth, Vavrus, Book, Putnam & Wesselman, 1986, Duffy, Roehler, Sivan, Rackliffe, Book, Meloth, Vavrus, Wesselman, Putnam & Bassiri,1987).

La technique de *tutorat* est caractérisé par le dialogue entre apprenant et enseignant. L'enseignant est censé fournir la juste dose de support et de guidance nécessaires à l'apprenant pour atteindre le but fixé (utilisant le concept de zone proximale de développement de Vygotsky, 1978). Ce support diminue au fur et à mesure du juste besoin de l'apprenant (Rojas-Drummond, Hernandez, Vélez & Villagran, 1998). On parle dans la littérature anglo-saxonne d'échafaudage (*scaffolding*), car il s'agit d'un support ajustable et temporaire qui vise le processus

d'internalisation que nous avons décrit supra. Contrairement à l'explication directe, le flot d'information circule dans les deux sens entre l'apprenant et l'enseignant, et Palincsar et Brown (1984) ont d'ailleurs utilisé le terme d'enseignement réciproque. Les avantages de cette méthode sont nombreux. Tout d'abord, son efficacité est bien plus importante envers la performance scolaire que celle de la méthode d'explication directe (cf. Palincsar & Brown, 1984). Ensuite, le dialogue entre enseignant et élève est une occasion unique d'explorer les croyances de l'apprenant dans un contexte non intrusif. Enfin, ce dialogue améliore souvent notablement la relation entre élève et enseignant. Par contre, de sérieuses limitations existent. L'approche est extrêmement intensive et exigeante (disponibilité de l'enseignant pour un travail individuel). Et la mauvaise évaluation de l'enseignant sur l'élève (manque d'empathie ou manque de connaissances) peut lui faire proposer des activités et un support non adéquat, qui amène frustration et confusion chez l'élève.

L'entraînement cognitif inclut des dialogues mutuels, de l'explication directe, du modelage (se donner en modèle à l'apprenant, notamment en verbalisant sa démarche, cf. Lafortune, Jacob et al., 2000) et des encouragements. Paris et ses collaborateurs (Paris et al., 1984) construisent par exemple une série de modules, chacun portant sur une stratégie et utilisant métaphores, matériel scolaire et discussions. Les résultats sont positifs à la fois sur les mesures métacognitives et sur la performance (différence d'amélioration significative entre groupe expérimental et groupe contrôle). Ce type de programmes exige des buts communs entre l'enseignant et l'élève, une évaluation continue du niveau de performance de l'élève et de la difficulté de la tâche qu'il convient de présenter pour se situer à un niveau de défi, et une régulation partagée.

La caractéristique centrale de *l'apprentissage coopératif* est le travail en groupe(s) d'élèves pour compléter une tâche. Il peut impliquer un mélange éclectique de modelage, d'explications directes, de technique de tutorat, d'activités de groupe, … (voir par exemple le programme proposé par Stevens, Madden, Slavin & Farnisch, 1987). Il se base selon Paris et Winograd (1990) sur trois principes : l'apprentissage est centré sur l'élève plutôt que sur l'enseignant, le contenu donné par l'enseignant est adapté en fonction du niveau de l'élève, et l'accent est mis sur la prise de sens et sur la satisfaction personnelle de l'élève.

Loper et Murphy (1985) distinguent les programmes d'intervention en fonction de leur *caractère élaboratif* (élaborer ensemble avec les sujets) *ou mécanique* (instruction). De manière caricaturale, le tutorat et l'apprentissage coopératif se posent en effet plus en terme d'élaboration progressive avec les sujets via la réflexion commune, tandis que les programmes d'explication directe et d'entraînement cognitif sont plus mécaniques en ce que la relation entre enseignant et

élève est davantage unidirectionnelle et transmissive. Les résultats des recherches rapportées laissent apparaître que les activités complexes bénéficient plus fortement des programmes élaboratifs.

5.3. Conclusion

Il apparaît que les capacités d'autorégulation se développent particulièrement durant la seconde partie de l'enseignement primaire, et à travers tout le secondaire. Les âges clefs de l'acquisition de ces stratégies sont cependant peu précis, et certains résultats apparaissent contradictoires. Notamment, la stratégie de contrôle devrait être documentée plus avant. De plus, beaucoup d'études ont été menées en contexte de lecture et de mémorisation, mais la littérature concernant les résolutions de problèmes est encore trop fragile.

Il apparaît également que les capacités d'autorégulation peuvent être efficacement entraînées par divers types de programmes. Cette sensibilité à l'intervention est importante, puisque l'intérêt des stratégies présentées n'existe que s'il est possible de les développer : des stratégies utiles en vue de la performance mais qui ne peuvent être apprises ont en effet peu d'attrait pour aider les élèves en difficultés d'apprentissage par exemple. Cette conclusion, ajoutée à celle observée des liens avec la performance scolaire, nous permet d'affirmer l'utilité de développer des programmes d'intervention visant le développement de ces stratégies. Des études développementales complémentaires permettraient de donner des balises pour développer de tels programmes en résolution de problèmes arithmétiques en fixant l'état des capacités de ces enfants en fin de scolarité primaire sur chacune des stratégies d'autorégulation.

6. La mesure des stratégies d'autorégulation

Dans toute recherche, les instruments de mesure constituent un enjeu important. Dans le cadre de l'autorégulation et de la métacognition, ceci est d'autant plus vrai que de nombreux auteurs relèvent la complexité de trouver des mesures appropriées des stratégies centrales (par exemple, Pallascio et al., 2001, Saint-Pierre, 1994, Sperling et al., 2002, Winne & Perry, 2000). Des mesures très diverses ont été proposées et utilisées pour obtenir des données concernant les mécanismes d'autorégulation en général, ou un des composants plus particulièrement (pour synthèses, cf. notamment Desoete et al., 2002, Montalvo & Torres, 2004, Veenman, 2003c, Winne & Perry, 2000). Nous présentons et discutons dans ce chapitre des mesures développées dans les recherches préalables.

6.1. Les mesures rapportées et la question de la conscience

6.1.1. Quelles méthodes ?

La majorité des études menées sur les mécanismes autorégulatoires ont utilisé des méthodologies rapportées par les étudiants eux-mêmes (auto-rapportées) ou par les enseignants (Bouffard & Vezeau, 1998).

Parmi ces mesures, les *questionnaires* sont les outils les plus fréquemment utilisés, vraisemblablement en fonction de leur facilité d'élaboration, de passation et de traduction en scores. Ils mettent généralement l'individu face à une situation hypothétique (« Quand tu résous un problème… »), posent des questions ou des affirmations concernant les processus utilisés, et demandent au sujet de se positionner sur une échelle de type Likert (1 = pas du tout d'accord à x = tout à fait d'accord). Les deux questionnaires les plus connus sont selon nous le MSLQ (*Motivated Strategies for Learning Questionnaire*) de Pintrich et ses collaborateurs (Pintrich, Smith, Garcia & McKeachie, 1991, 1993, voir aussi Patrick, Ryan & Pintrich, 1999, Pintrich & De Groot, 1990) et le LASSI (*Learning and Study Strategies Inventory*) de Weinstein, Schultz et Palmer (1987). Ces deux échelles ont cependant le désavantage de mêler les phénomènes cognitifs, métacognitifs, motivationnels et affectifs dans un seul indice d'apprentissage autorégulé, sans permettre de distinguer les sous-composants. Citons également les échelles de Schraw et Dennison (1994), de Jacobs et Paris (1987) et celle de Normandeau et Guay (1998, basée sur celle de Kendall & Wilcox, 1979). En français existent notamment le questionnaire des stratégies d'études et d'apprentissages de Boulet, Savoie, Chevrier et Lefebvre (n.d.), le questionnaire des processus métacognitifs de l'autorégulation de Mongeau, Lafortune, Pallascio et Allaire (1998), et l'inventaire métacognitif de Richer, Mongeau, Lafortune, Deaudelin, Doudin et Martin (2003). Parmi les questionnaires adressés aux enseignants, existe notamment l'échelle de Normandeau et Guay (1998). Les informations fournies par les questionnaires sont, selon Veenman (2003c) et Winne et Perry (2000), de l'ordre de la mémoire et de l'interprétation ou de la reconstruction de l'individu sur ses actions. Elles permettent cependant d'obtenir des données sur des comportements non observables.

D'autres études ont été menées sous forme *d'entrevues*, où l'on demande à l'enfant de décrire des comportements typiques sous des circonstances spécifiques. Il s'agit donc de comportements projetés dans un contexte précisé (Winne & Perry, 2000). Les réponses sont ensuite codées par une analyse des protocoles verbaux selon une grille de référence préalablement déterminée ou en tentant d'établir des classes à partir des réponses des sujets (élaboration sans catégories pré-

établies et sur base directe des données). L'exemple le plus connu de ce type d'entrevue est le SRLIS (*Self-Regulated Learning Interview Schedule*) de Zimmerman et Martinez-Pons (1986, 1988, 1990, 1992, voir aussi Falardeau & Loranger, 1993). Les entretiens peuvent également être réalisés en « rappel stimulé », c'est-à-dire que le sujet décrit son comportement après avoir complété une tâche spécifique, et parfois même en regardant une vidéo de ce qu'il faisait durant la tâche (Op't Eynde & De Corte, 2001). Selon Paris & Winograd (1990), ces rapports rétrospectifs menés immédiatement après une activité et portant sur des aspects spécifiques sont plus fiables que tout autre rapport.

Dans les protocoles en *pensée à haute voix* (*thinking aloud*), il est demandé à l'individu de raconter ses pensées et processus cognitifs au moment où il effectue une tâche authentique (Brown et al., 1983). Ces protocoles peuvent être plus ou moins structurés en fonction des questions ou remarques réorientant le discours de l'élève. Ils sont analysés de la même manière que les rapports d'entrevues.

Les *évaluations par les enseignants* sont peu utilisées car perçues comme non fiables. Winne et Perry (2000) décrivent trois conditions pour garantir cette fiabilité : les mesures doivent être basées sur des comportements observables des enfants (et pas sur de jugements subjectifs), des critères de référence doivent être établis et utilisés, et des données métriques sont nécessaires.

Brown et al. (1983) catégorisent ces méthodes de récolte de données selon le moment du rapport. Ils décrivent ainsi les protocoles concurrents (pensée à haute voix), les protocoles rétrospectifs (raconter des processus en se souvenant d'un épisode passé, immédiatement antérieur ou plus ancien) et les protocoles prospectifs (proposer une situation au sujet et lui demander comment il agirait). Les questionnaires et entrevues peuvent être rétrospectives ou prospectives.

Winne et Perry (2000) distinguent les mesures de l'autorégulation comme aptitude et comme événement. Les premières amènent l'individu à élaborer ou se rappeler une série de processus autorégulateurs qui sont les plus probables, significatifs ou représentatifs. Le sujet est amené à se positionner en généralisant ses actions à travers diverses situations. Les questionnaires en constituent un exemple. Les secondes exigent de l'individu qu'il se positionne face à une tâche unique, c'est-à-dire un événement d'apprentissage singulier et spécifique. Il s'agit par exemple des protocoles en pensée à haute voix.

De même, Noël (1991) distingue les mesures indépendantes des mesures concurrentes. Les premières sont réalisées à partir de tâches hypothétiques et en fonction des expériences antérieures du sujet. Il s'agit donc des mesures comme aptitude, et des mesures comme

événements qui n'exigent pas le traitement simultané d'une tâche (entretien structuré mené immédiatement après la réalisation d'une tâche spécifique par exemple). Les secondes sont menées avec une activité de traitement simultané, comme les techniques de pensée à haute voix. Selon nous, cette distinction non seulement implique la généralité ou spécificité de la mesure proposée par la classification de Winne et Perry (voir aussi Brown et al., 1983), mais également détermine des charges cognitives différentes (la mesure concurrente exige une charge double de traitement et de régulation de ce traitement, à l'inverse des mesures indépendantes). Notons cependant que les distinctions de Noël et de Winne et Perry portent sur les mesures rapportées, mais également sur les autres types de mesure (cf. section 6.2).

6.1.2. La mise en œuvre des stratégies d'autorégulation est-elle consciente ?

Les méthodologies auto-rapportées présupposent logiquement que les mécanismes autorégulateurs sont conscients ou au moins conscientisables. La question de la conscience de ces processus au moment de leur mise en œuvre divise cependant les auteurs (Day et al., 1985, Pallascio et al., 2001, Paris & Winograd, 1990), et certains considérés comme des figures maîtresses de l'apprentissage autorégulé semblent particulièrement hésitants sur cette question (Boekaerts, 1997, Zimmerman & Martinez-Pons, 1992).

Les études de DeLoache et de ses collaborateurs notamment (1981, dans Brown et al., 1983, cf. section 5) montrent que de très jeunes enfants peuvent déjà autoréguler leur comportement dans des tâches limitées, mais sont incapables d'exprimer et de conscientiser ces régulations (voir aussi Patterson et al., 1980). Ceci laisse donc penser que l'autorégulation ne nécessite pas la conscience. Baker et Brown (1984) appuient d'ailleurs que la régulation métacognitive est rarement exprimable et souvent faillible (voir aussi Brown et al., 1983, Wong, 1985). Pressley et al. (1987, dans Paris & Winograd, 1990) décrivent que l'autorégulation est inconsciente, tacite et inaccessible.

Cette affirmation n'est cependant pas partagée par tous les auteurs. Pour certains, l'autorégulation des activités nécessite en effet la conscience de ses propres processus cognitifs (Cardelle-Elawar, 1995, Nguyen-Xuan et al., 1990, Pallascio et al., 2001, Viau, 1994). Elle exigerait la capacité de prendre conscience des gestes cognitifs et de réfléchir sur ceux-ci par une sorte de dialogue intérieur (Caron, 2002). Cette perspective est particulièrement présente auprès des auteurs attachés à la régulation métacognitive par la réflexion que nous avons décrite au chapitre 2.

La réponse la plus plausible à cette question est sans doute située entre ces deux extrêmes. L'emploi des stratégies d'autorégulation pourrait en effet être mené consciemment et volontairement, mais également de manière automatique et inconsciente (Pinard, 1986, Shapiro & Schwartz, 2000, Vauras et al., 1999, Winne, 1996, 2000, Zimmerman & Martinez-Pons, 1992). Le caractère conscient ou non de ces stratégies dépendrait de plusieurs facteurs. Premièrement, l'application automatique des stratégies ne serait possible que pour l'expert, le novice devant contrôler consciemment leur mise en œuvre (Lafortune & Saint-Pierre, 1996, Pinard, 1986). Les processus contrôlées du novice sont donc accessibles à la conscience, mais les processus automatisés de l'expert lui sont indisponibles et ne peuvent en tout cas pas être pleinement rapportés (Ericcson & Simon, 1980). C'est par la pratique que ces stratégies, comme tout procédure, seraient automatisées (cf. section 2.3.2). L'élève ayant déjà expérimenté une stratégie et l'ayant utilisée de nombreuses fois parviendrait donc, à la longue, à réaliser son application de manière automatique et donc non consciente.

Deuxièmement, certaines stratégies devraient être menées consciemment, alors que d'autres pourraient ne pas nécessiter un passage par la conscience. Gordon et Braun (1985) affirment que le monitoring est inconscient, mais que la régulation est consciente (voir aussi Pinard, 1986). Ceci rejoint aussi l'idée du processus de correction décrit par Baker et Brown (1984, cf. section 3.3.2) : après un monitoring inconscient qui donne un signal d'alerte, le sujet ralentit son action pour consciemment déterminer le problème et le résoudre. Nous avons nous-mêmes décrit que le monitoring est inconscient jusqu'à l'apparition d'un signal d'alerte, mais que les trois autres types de contrôle sont conscients au moment du déroulement de la tâche.

Troisièmement, le niveau de profondeur de la régulation déterminerait sa conscience. Anzai et Simon (1979, dans Brown et al., 1983) distinguent la régulation consciente et réflexive (c'est-à-dire menée par la réflexion), et une régulation inconsciente et plus active (c'est-à-dire de l'ordre direct de l'action). Dans le même sens, Beckman (1987) décrit que les problèmes mineurs peuvent être gérés de manière inconsciente, tandis que les problèmes majeurs nécessitent un traitement conscient (voir aussi Romainville, 2000). Par exemple, si nous ne comprenons pas quelque chose que nous lisons, nous augmentons inconsciemment notre niveau de concentration ; par contre si l'obstacle ne peut être traité de cette façon, il devient conscient (signal d'alerte) et le comportement s'interrompt pour permettre une réflexion consciente générant sa suppression. La différence est, selon Beckman (1987), que la régulation inconsciente permet d'atténuer l'effet d'un obstacle, tandis que la régulation consciente permet de l'éliminer.

Selon Shapiro et Schwartz (2000), la régulation consciente est plus efficace que la régulation inconsciente (analyse plus approfondie et réflexion plus large).

Quatrièmement, la conscience serait indispensable à l'enseignement des stratégies, mais pas à leur mise en œuvre. Si, comme nous l'avons évoqué supra, l'emploi des stratégies d'autorégulation peut être réalisé automatiquement (et donc non consciemment), le développement de celles-ci nécessite leur prise de conscience, pour offrir la possibilité d'émettre un jugement critique à leur sujet (Lafortune, Jacob et al., 2000, voir aussi Lafortune & Saint-Pierre, 1994, 1996). Cette conscientisation constituerait un travail nécessaire supplémentaire à la mise en œuvre des stratégies elles-mêmes. Elle correspondrait selon nous au processus de régulation des connaissances métacognitives décrit dans la section 3.3.2 (voir aussi Pinard, 1986). Notons aussi que les connaissances métacognitives seraient verbalisables, mais l'utilisation des stratégies de régulation métacognitive ne le serait pas directement (Lafortune & Saint-Pierre, 1996).

Il convient de plus de remarquer que la conscience au moment de la mise en œuvre ne veut pas dire le souvenir après la réalisation de la tâche. Même si une stratégie d'autorégulation a été menée consciemment, il n'est aucun besoin que l'individu s'en souvienne après coup, sauf s'il vise le développement de ses capacités à ce niveau. Dès lors, il se peut que l'individu se rappelle les processus menés durant l'accomplissement de la tâche, mais il se peut aussi que ces informations inutiles n'aient pas été encodées en mémoire à long terme.

La technique de rapport verbal en cours de tâche (*thinking aloud*) a le désavantage d'avoir, outre la possibilité de déformation de la réalité, un effet sur le déroulement de la tâche. L'effet sera négatif si la verbalisation concerne une information qui ne serait pas consciente en situation naturelle (Ericsson & Simon, 1980, voir aussi Brown et al., 1983). Par exemple, une demande d'explication des comportements en cours exige une élaboration non naturelle, notamment des processus menés automatiquement (la recherche des informations entre en concurrence avec le processus de traitement de la tâche). Si l'information est déjà disponible en mémoire de travail, l'effet sera relativement neutre. On pourrait cependant affirmer que le travail de formulation est coûteux en charge cognitive, puisqu'il semble que dans le cas où le travail en cours exige une haute charge cognitive, la verbalisation s'arrête ou devient significativement moins complète. La verbalisation des processus inconscients (voire même des processus conscients) impose donc une charge cognitive supplémentaire qui, dans le cas de nos situations complexes, pose un sérieux problème. Tenter d'observer objectivement dans quelle mesure l'individu peut traiter de la complexité par les stratégies d'autorégulation tout en ajoutant une charge cognitive

supplémentaire tient du paradoxal. Enfin, les techniques par questionnaires rencontrent souvent le biais de la réponse positive ou de la désirabilité sociale (notamment Baker & Brown, 1984, Bouffard, 2001, Veenman, 2003c,Winne & Perry, 2000).

6.1.3. La mise en œuvre des stratégies d'autorégulation est-elle conscientisable ?

La mise en œuvre des stratégies d'autorégulation ne semble donc pas être assurément consciente au moment même, et on ne peut donc pas garantir son rapport fidèle par la technique de pensée à haute voix. Elle pourrait cependant être *conscientisable et verbalisable après coup*, dans les protocoles rétrospectifs. De nombreux auteurs s'opposent à cette conception (voir surtout Brown al., 1983). Selon nous, toute conscientisation après-coup est un processus qui se produit au moment de la demande de l'expérimentateur, et constitue dès lors une reconstruction d'un fonctionnement qui a eu lieu précédemment (élaboration sur base des souvenirs présents en mémoire à long terme). Ce caractère de reconstruction risque d'éloigner le rapport de ce qui a été réellement mis en œuvre au moment de l'action. Ericcson et Simon (1980) et Noël (1991) décrivent que le rapport rétrospectif peut seulement être fiable s'il est mené immédiatement après la tâche, et sans orienter la réflexion du sujet (notamment par des questions causales). Le sujet peut alors rapporter les quelques informations encore disponibles en mémoire à court terme, et récupérer des informations additionnelles stockées en mémoire à long terme par des associations épisodiques. La difficulté des résolutions de problèmes à ce propos est qu'il s'agit de situations complexes, mettant un temps relativement long de résolution. Les récoltes de données n'y visent pas les derniers instants de résolution, mais l'ensemble du processus mis en œuvre durant sa résolution. Le rapport des derniers temps n'est que peu intéressant et ce type de mesure est donc peu adéquat.

Quant aux recherches menées sur le sujet, Baker et Brown (1984) relatent que les études qui incorporent à la fois des mesures comportementales et des mesures provenant d'entrevues révèlent le manque de concordance entre ce qu'un élève dit sur sa manière d'apprendre ou de réaliser des tâches et ce qu'il fait réellement (voir aussi Gavalek & Raphael, 1985). Parfois, l'enfant dit utiliser une stratégie mais ne le fait pas, et surtout Phifer et Glover (1982) constatent que certains élèves disent ne pas utiliser une stratégie alors qu'il l'utilise réellement en cours de tâche. Brown et al. (1983) en parlent sous l'idée de non fiabilité du rapport.

6.1.4. Conclusion

Si les méthodologies autorapportées ont l'avantage de la facilité de la passation et de l'analyse (Sperling et al., 2002), les rapports verbaux des stratégies d'autorégulation mises en œuvre

durant une activité scolaire paraissent donc peu fiables. D'une part, il semble que l'application de ces processus (durant la tâche) puisse être mené de manière non consciente. Le rapport fait par l'individu est alors partiel et/ou influence la réalisation de la tâche. D'autre part, la verbalisation après coup semble, au moins dans les situations complexes, ne pas pouvoir être réellement fidèle à ce qui s'est produit durant l'action. Les mesures auto-rapportées ne sont pourtant pas sans intérêt. Baker et Brown (1984) en décrivent deux majeurs : évaluer le rapport entre ce que l'élève dit et ce qu'il fait (ce qui implique selon nous une comparaison des méthodologies auto-rapportées avec des mesures alternatives), et évaluer l'ordre développemental entre la conscience et la mise en œuvre (qui consiste selon nous en un rapport entre connaissances métacognitives et stratégies d'autorégulation, cf. section 5).

6.2. Les mesures comportementales et indicielles

Etant donné les limites liées à la conscience des processus autorégulateurs, d'autres auteurs ont dès lors insisté sur la nécessité de mesures directes ou on-line (Baker & Brown, 1984, Bouffard, 1998, Brown et al., 1983, Ferrari et al., 1998, Veenman, 2003c, Veenman & van Hout-Wolters, 2003, …). Les mesures comportementales (basées sur l'observation des actions de l'individu) paraissent idéales dans ce sens, mais les mêmes auteurs constatent l'impossibilité d'obtenir ce type de mesure pour les processus exclusivement mentaux. Les mesures indicielles viennent alors compléter ces lacunes. Ces deux types de mesure peuvent être réalisées sur base de l'observation du sujet en situation naturelle, mais également en situation manipulée. Dans ce cadre, les tâches de détection d'erreurs ont un potentiel certain (Baker & Brown, 1984, Bouffard & Vezeau, 1998, Royer et al., 1993, Winne & Perry, 2000). Bouffard (1998) et Bordeleau (1994, Bouffard & Bordeleau, 1997) ont utilisé ce type d'épreuves dans le contexte de la compréhension de texte d'une part et dans celui de la résolution de problèmes mathématiques d'autre part. La tâche a été structurée de façon à être soumise individuellement sur ordinateur et à permettre l'enregistrement automatique, d'une manière la moins intrusive possible, de plusieurs comportements d'autorégulation au moment de leur mise en œuvre. Selon Bouffard (1998), ces épreuves ont deux grands avantages : la possibilité d'enregistrer plusieurs comportements autorégulatoires et la liberté du contrôle à exercer (pas d'interférence de l'adulte).

Sur base des écrits de Baker et Brown (1984), Bordeleau (1994), Ferrari et al. (1998) et Vezeau, Bouffard et Tétreault (1997), nous pouvons rapporter divers types de données basées sur le comportement ou les productions de l'enfant, dans le domaine de la lecture et écriture. Les

mesures obtenues par *l'observation directe ou enregistrées par un logiciel* (dans le cas d'une présentation informatique) alors que l'individu réalise une tâche sont diverses. Les mesures de temps (avant de commencer à lire, passé à écrire, après la fin d'une première rédaction ou de révision finale, durant les pauses d'écriture, …), les mouvements réalisés (fixation oculaire, entre les cartes graphiques, comportement général, …) et l'utilisation de supports divers (dictionnaire, horloge ou montre, …) en sont les mesures majoritaires. *L'analyse des productions écrites* constitue un autre type de mesures directement observables. Appelée méthodologie des traces par Winne et Perry (2000), elle consiste en l'analyse de traces écrites diverses laissées par le sujet durant son activité. Il s'agit par exemple des changements ou corrections réalisés sur une première version du texte lors de phases d'écriture (forme ou contenu), ou des soulignements et des notes dans la marge lors d'une tâche de lecture.

Diverses mesures indicielles ont également été utilisées à travers la littérature, basées sur des inférences à partir de comportements observables, de rapports de l'individu à des questions très précises et/ou de sa performance à des tâches très ciblées. Il convient cependant de rester très prudent avec ces mesures, car certaines inférences font un pas relativement important entre le concept à mesurer et les données obtenues réellement. L'impact de facteurs tiers y est trop souvent négligé.

Le *degré de certitude* (*confidence rating technique*) est un indice du contrôle (Baker & Brown, 1984, Stankov, 2000, Thiede et al., 2003), ou plus généralement d'autorégulation (Bouffard, 1998, Mazzoni, 1999), en ce qu'il constitue une mesure de la capacité de l'individu de porter un jugement précis sur l'exactitude de ses réponses. Elle consiste à demander à l'individu, immédiatement après la réalisation d'une tâche, sa certitude de l'avoir réalisée correctement ou incorrectement. L'enfant est considéré comme bon autorégulant s'il indique qu'il est certain de sa réponse quand elle est correcte, ou s'il affirme que sa réponse est erronée quand c'est de fait le cas. Il est considéré comme faible en autorégulation s'il existe une discordance entre taux de confiance et exactitude de la réponse. Nous décrirons dans le cadre de nos recherches diverses manières d'exploiter le degré de certitude (cf. chapitre 4, section 4.9.1). Thiede et al. (2003) utilisent cet indice sous le vocable de précision du monitoring, et Noël (1991, voir aussi Nietfeld & Schraw, 2002) de confiance dans le caractère correct de ses réponses.

La *précision de l'auto-évaluation* est proche du degré de certitude, mais est un indice plus général. Elle consiste à demander après-coup à l'enfant combien d'items il pense avoir réussi. Bordeleau (1994), Vezeau et al. (1997) et Ferrari et al. (1998) utilisent cette mesure en la soustrayant à l'évaluation réelle. L'élève obtenant un score positif a tendance à se sous-estimer,

tandis que celui qui obtient un score négatif a tendance à se surestimer. Etonnamment, Stankov (2000) rapporte que les corrélations observées entre le degré de certitude et la précision de l'auto-évaluation sont inconsistantes. La critique essentielle de ces deux mesures est selon nous qu'il existe une influence importante du facteur de la confiance en soi, qui n'est pas de l'ordre de l'autorégulation. Selon Sperling et al. (2002), elles sont d'ailleurs très proches du sentiment d'efficacité personnelle décrit dans le chapitre 2 (section 3.3.2, voir aussi Mazzoni, 1999).

En plus de ces deux indices principaux, d'autres ont été utilisés plus ponctuellement. Dans le domaine de la métamémoire, *l'auto-évaluation* consiste à demander à l'enfant d'apprendre quelque chose jusqu'à ce qu'il le connaisse parfaitement. La qualité du rappel est ensuite évaluée (Flavell et al., 1970, dans Schneider, 1998, Noël, 1991). *La détection spontanée d'erreurs* a été utilisé par Baker et Brown (1984) : l'enfant détecte plus facilement les erreurs qu'il a lui-même commises s'il applique un monitoring qui veille et l'arrête quand une incertitude apparaît. Chez les mêmes auteurs, la « *Cloze technique* » est une épreuve de complètement de mots dans un texte. Si le monitoring fonctionne bien, l'enfant est plus conscient de la compréhension et peut donc deviner par le contexte les mots manquants. Dans le domaine mathématique, Bordeleau (1994) inclut similairement des problèmes avec étapes manquantes dans une épreuve de détection d'erreur. *L'attention sélective* aux éléments importants a également été utilisée, puisqu'elle indique la volonté d'organiser son travail (Brown et al., 1983, Schneider, 1998). L'ensemble de ces techniques constituent de fait des indices d'autorégulation, mais ils sont soumis à diverses critiques, dont l'influence des connaissances disciplinaires du sujet.

Enfin, la *persévérance à la tâche* est mesurée par Bordeleau (1994) en demandant à l'élève s'il veut faire un exercice supplémentaire. De même, Vezeau et al. (1997) la mesure en fonction du temps de travail utilisé (utilisation de la totalité du temps réglementaire, utilisation d'un temps de travail supplémentaire proposé), et par le nombre de fois où l'élève retravaille un problème déjà résolu ou mis de côté provisoirement. Cette mesure semble fort discutable, car fait appel surtout selon nous à une motivation pour les activités scolaires et à des traits de personnalité (soumission à l'adulte, perfectionnisme, volonté de donner une image de soi studieuse ou « relax », …).

6.3. Conclusion

La mesure des comportements d'autorégulation paraît donc malaisée. Toutes les méthodes sont critiquables sous un angle ou un autre. La difficulté majeure qu'outrepassent bon nombre d'auteurs est le caractère « non cognitivement pénétrable » de l'utilisation de toutes ces stratégies. Les mesures autorapportées semblent donc peu fiables, étant donné que les

mécanismes d'autorégulation ne sont ni toujours conscients, ni toujours conscientisables. Les mesures comportementales sont intéressantes mais limitées, étant donné que les processus exclusivement mentaux ne permettent d'observer aucune action de l'individu. Enfin, les mesures indicielles portent le danger de l'inférence, et donc de l'oubli de facteurs tiers.

En outre, la majorité des auteurs parlent de manière générale de mesures de l'autorégulation. Il nous paraît important de veiller à préciser ce que mesure réellement la récolte de données de chaque recherche, et que le choix ou l'élaboration de toute épreuve soit réalisé de manière consciente et réfléchie, en fonction de l'aspect spécifique de l'autorégulation à évaluer.

7. Conclusion

Les stratégies d'autorégulation semblent jouer un rôle central dans l'apprentissage scolaire, et dans la performance à des tâches scolaires de production. Outre les résultats des recherches antérieures ayant souvent démontré des relations significatives entre stratégies d'autorégulation et performance scolaire, la démonstration de leur utilité théorique a été faite tout au long de ce chapitre, et est synthétisée dans la section 3.4. Les stratégies d'autorégulation jouent notamment un rôle d'organisateur et de superviseur de l'action. En terme d'organisation, les stratégies de préparation de l'action permettent d'activer les connaissances utiles à la poursuite du but, et, sur cette base, de programmer une séquence procédurale à appliquer en vue de résoudre le problème. En terme de supervision, les stratégies de contrôle et de régulation permettent, lors de la mise en œuvre du plan d'actions, de détecter des erreurs multiples et de les corriger. Au-delà de cette utilité, et malgré le fait que ces stratégies imposent un traitement cognitif supplémentaire, il apparaît cependant que c'est surtout en terme de charge cognitive qu'elles sont capitales. Grâce à de multiples segmentations, les stratégies d'autorégulation permettent en effet que l'apprenant soit à tout moment capable de gérer la charge cognitive imposée par ses activités de traitement. Contournant continuellement les limites de la mémoire de travail, elles réduisent les probabilités d'erreurs et les perceptions d'incapacité de traitement de la tâche. En tant que gestionnaire de la complexité des situations problèmes, c'est surtout dans les tâches les plus complexes que ces stratégies seront efficaces. Suite aux théories de la charge cognitive intrinsèque, nous avons dans ce sens caractérisé la complexité d'une tâche en fonction d'une part du nombre de relations à établir entre les éléments de la situation, et d'autre part en fonction du nombre d'éléments à insérer au sein de chacune de ces relations (cf. sections 2.2 et 2.3).

Si elles participent à un même mouvement d'optimalisation de la performance en fonction de ses propres connaissances (en tenant compte des limites de la capacité cognitive), les stratégies

d'autorégulation ne constituent pas moins des composants distincts. La détermination du but, la planification, le contrôle et la régulation constituent plus précisément des processus complémentaires et interactifs : que serait la planification sans un but qui lui indique la direction à suivre ? que serait la régulation sans l'information ramenée par la stratégie de contrôle ? Nous avons eu l'occasion de décrire longuement les différentes stratégies et leurs enjeux majeurs dans la section 3 de ce chapitre. Nous avons également mis en évidence la complexité des stratégies de contrôle et de régulation dans le contexte des résolutions de problèmes arithmétiques. Le contrôle ne constitue en effet pas un processus unique, il se décompose, dans le cadre de la résolution de problèmes arithmétiques, en diverses sous-stratégies. Le monitoring, l'évaluation du progrès vers le but, le contrôle des opérations et la vérification des résultats arithmétiques contribuent au même processus de contrôle, mais ont chacun des spécificités qui les rendent complémentaires. Comme nous l'avons décrit dans la section 3.3.1, ces sous-stratégies peuvent être elles-mêmes réalisées par le biais de mécanismes différents (telle la vérification des résultats par des procédures logiques ou empiriques) ou décomposables en sous-processus (tel le contrôle des opérations en vérification de l'adéquation de l'intention et en contrôle de la traduction de l'intention à l'opération arithmétique).

L'utilisation consistante et flexible de stratégies d'autorégulation lors d'activités scolaires n'est bien entendu pas acquise dès le plus jeune âge, mais se développe progressivement au cours de l'enfance et l'adolescence. Globalement, la recherche a montré que cette évolution s'accentue particulièrement à partir du milieu de l'enseignement primaire, mais qu'elle perdure durant toute l'école secondaire. Au-delà de leur développement naturel, les capacités d'autorégulation apparaissent sensibles à la stimulation de programmes d'interventions spécifiques. En raison de l'utilité démontrée des stratégies d'autorégulation dans la performance scolaire, l'application de tels programmes de stimulation semble constituer une opportunité sérieuse pour les enfants en difficulté dans les apprentissages scolaires. Ces élèves, présentant souvent des déficiences importantes quant aux processus autorégulateurs (cf. section 4 et annexe 1), bénéficieraient selon nous directement de telles interventions. Ils pourraient vraisemblablement reprendre prise dans leurs apprentissages et stopper le cercle vicieux de l'échec dans lequel la plupart sont englués (Focant, 2002).

De nombreux points sont cependant encore à éclaircir. Concernant la relation entre la performance scolaire et les capacités relatives aux stratégies d'autorégulation, nous avons observé dans la section 4 que, si les données sont convergentes avec des échantillons d'élèves fréquentant l'enseignement secondaire, les résultats sont plus discutés avec des enfants plus

jeunes. Des études complémentaires sont nécessaires pour évaluer si cette relation ne devient réellement effective qu'avec des adolescents, ou si elle est déjà présente avec des élèves plus jeunes. Si la relation est peu significative dans l'enseignement primaire, il convient de plus de comprendre pourquoi : manque de variabilité des capacités relatives aux stratégies ? manque d'efficacité des stratégies à disposition ? manque de flexibilité dans leur emploi ? Nous avons décrit dans cette même section que les liens entre le contrôle et la performance scolaire sont moins consistants que ceux concernant les stratégies de préparation de l'action. Peu d'études ont cependant évalué avec un même échantillon et au cours de la même récolte de données des informations séparées sur les diverses stratégies d'autorégulation. Des études comparatives pourraient informer cette question. Enfin, le cadre mathématique est clairement sous-étudié comparativement aux situations de compréhension de mémorisation et à la lecture. Des études complémentaires seraient nécessaires dans ce contexte spécifique.

S'il est apparu que le développement des capacités relatives à ces stratégies s'amplifie considérablement à partir de la seconde moitié de l'enseignement primaire, les âges charnières de cet essor sont encore peu précis (cf. section 5.1). Des bilans plus affinés devraient être menés sur les différentes stratégies à divers moments du cursus scolaire primaire et secondaire. Ces évaluations devraient être particulièrement ancrées dans des matières scolaires, et à nouveau le cadre mathématique s'enrichirait volontiers de données supplémentaires. Ces bilans devraient à la fois permettre d'envisager les capacités moyennes des enfants à des âges divers, mais également devraient nous informer sur les différences de capacités entre les individus de mêmes âges.

La description théorique réalisée à travers ce chapitre est fondée sur les recherches et sur les modèles de la littérature des paradigmes de la métacognition et de l'apprentissage autorégulé, mais certains aspects doivent être confirmés empiriquement. Notamment, il conviendrait d'évaluer dans quelle mesure il est fondé d'insister sur la séparation théorique et méthodologique des différentes stratégies, voire de leurs sous-composants (pour la stratégie de contrôle essentiellement). Si les résultats obtenus par les enfants sont intimement liés, il est en effet peu intéressant de s'attacher à une mesure séparée des diverses stratégies. A l'inverse, si les résultats indiquent une absence nette de convergence, il convient de s'interroger sur la pertinence de l'intégration des diverses stratégies au sein d'un même processus théorique. Nous supposons bien entendu que les relations entre les diverses stratégies sont d'une intensité intermédiaire. Le rôle des stratégies d'autorégulation en tant que gestionnaire de la complexité des problèmes est également à confirmer empiriquement. Notamment la comparaison de l'efficacité des diverses

stratégies en fonction de l'augmentation de la complexité des problèmes devrait nous permettre de comprendre plus finement si les mécanismes autorégulateurs opèrent effectivement ce rôle de gestion, et comment celle-ci se réalise.

En termes méthodologiques, nous avons montré un éventail des méthodes possibles de l'évaluation des stratégies d'autorégulation. Une confrontation des différents types de mesure par des recherches multi-méthodes serait utile pour analyser les convergences, repérer les outils les plus fiables et ceux fournissant des résultats atypiques. Rappelons également qu'il convient de s'interroger sur ce que mesurent réellement les outils utilisés. Comme nous l'avons évoqué dans les sections 4 et 6.1, il est notamment importante de différencier les stratégies rapportées et les stratégies réellement mises en œuvre, ainsi que les capacités de l'enfant quant à chaque stratégie et l'utilisation spontanée de ces capacités en situation scolaire habituelle (cf. Focant, 2004, présenté en annexe 1).

Nous n'avons bien entendu pas pu explorer l'ensemble de ces questions dans notre travail doctoral. Nos recherches, présentées dans les chapitres suivants, ont eu vocation de s'attarder à quelques unes de ces questions ou à des aspects spécifiques de celles-ci, dans le cadre des résolutions de problèmes arithmétiques, avec des élèves fréquentant la cinquième année de l'enseignement primaire ordinaire, et relativement aux capacités de l'enfant isolément sur chacune des stratégies. Les questions de recherche, instruments de mesure, designs expérimentaux et résultats sont présentés au sein des chapitres suivants.

Chapitre 4 : Etude 2

1. Introduction

L'étude que nous présentons dans ce quatrième chapitre constitue l'étude majeure de notre recherche doctorale, essentiellement en ce qu'elle aborde une variété de questions que nous avons soulevées en conclusion de notre troisième chapitre.

En termes développementaux, ayant constaté le manque de certitude quant aux moments clefs de l'acquisition des compétences autorégulatrices, mais ayant également observé que la seconde moitié de l'enseignement primaire constitue une période fondamentale à ce niveau, nous avons choisi d'examiner un échantillon d'enfants fréquentant la cinquième primaire de l'enseignement ordinaire belge francophone. Nous souhaitions réaliser un bilan de leurs capacités relatives aux stratégies d'autorégulation, autant en terme des compétences moyennes que quant aux différences observées entre ces sujets. De plus, nous désirions que ces évaluations soient réalisées de manière différenciée pour chaque stratégie. A cette fin, les stratégies de détermination du but, de planification et de contrôle ont été choisies.

Parallèlement, comme nous l'avons indiqué dans la section précédente, la relation unissant la performance scolaire aux capacités relatives à ces stratégies se doit d'être informée plus avant avec des échantillons d'enfants fréquentant l'enseignement primaire. Bien plus, les mesures différenciées nous permettent de comparer l'intensité de ces relations pour les trois stratégies étudiées. L'ancrage marqué au sein des résolutions de problèmes arithmétiques permet également d'informer la question des stratégies d'autorégulation dans ce type d'activités scolaires moins étudié.

Les questions de recherche que nous étudions quant aux aspects de développement et de relation à la performance scolaire permettent ainsi de compléter les lacunes empiriques observées dans la littérature et décrites dans les sections 4 et 5 du chapitre précédent. D'autres questions visent à évaluer certains éléments de la structure théorique proposée dans la section 3 de ce même chapitre. Essentiellement, il s'agit d'estimer si la distinction entre les diverses stratégies d'autorégulation est empiriquement fondée. Quant à la stratégie de contrôle, la même évaluation est réalisée pour les deux sous-stratégies étudiées, à savoir le contrôle des opérations et la vérification des résultats arithmétiques. Nous étudions également comment évolue l'efficacité des différentes stratégies d'autorégulation lorsqu'on augmente la complexité des problèmes à

résoudre, afin de comprendre plus finement comment se réalise le rôle de gestionnaire de la complexité cognitive.

En termes méthodologiques enfin, une confrontation de diverses mesures est effectuée pour la stratégie de contrôle. D'une part, nous évaluons la fiabilité de mesures indicielles liées à l'exploitation du degré de certitude en rapport à la performance de contrôle, qui évoque l'efficacité du contrôle de l'enfant. D'autre part, diverses mesures comportementales exprimant le nombre de divers contrôles particuliers sont confrontés à la même mesure de performance et aux données indicielles liées au degré de certitude, afin d'évaluer leur pertinence en tant qu'indice de la stratégie de contrôle ou des sous-stratégies qui la composent.

Cette confrontation des mesures comportementales et de la performance de contrôle dépasse cependant l'aspect méthodologique, puisqu'elle vise parallèlement à explorer quels sont les comportements sous-jacents à un contrôle efficace. La compréhension de ces comportements est en effet capitale pour l'élaboration et le développement de programmes d'intervention visant le développement de capacités d'un contrôle efficace de ses actions en situation de résolutions de problèmes arithmétiques.

2. Questions de recherche et hypothèses

Sept questions de recherche ont été établies pour cette étude. La première question évalue quel est l'état du développement des stratégies de détermination du but, de planification et de contrôle, ainsi que des sous-stratégies de vérification des résultats arithmétiques et de contrôle des opérations. De manière plus précise, quatre hypothèses sont posées :

1. La stratégie de détermination du but est menée efficacement par une majorité des enfants de l'échantillon.
2. La stratégie de planification est menée efficacement à 3 étapes par la majorité de ces enfants.
3. La stratégie de contrôle est menée efficacement pour la majorité des items par la majorité de ces enfants.
4. Peu de différences sont observées quant aux niveaux de réussite du contrôle des opérations et de la vérification des résultats.

Suite à cette analyse du niveau moyen de ces capacités, la deuxième question de recherche explore, en différenciant les différentes stratégies, si les capacités varient fortement d'un individu

à l'autre ou si elles sont relativement homogènes (variabilité inter-individuelle). Nous posons à ce propos trois hypothèses :

5. La stratégie de détermination du but est, à cet âge, plus homogène que les autres stratégies.
6. Les stratégies de planification et de contrôle sont relativement semblables quant à leur homogénéité.
7. Les sous-stratégies de vérification des résultats et de contrôle des opérations sont relativement semblables quant à leur homogénéité.

Dans une troisième question de recherche, nous interrogeons les liens entre la performance scolaire et les capacités relatives à chacune des stratégies d'autorégulation, à l'aide de mesures spécifiques. Deux hypothèses sont proposées :

8. Chacune des stratégies et sous-stratégies étudiées est significativement et positivement reliée à la performance scolaire en résolution de problèmes arithmétiques dès la cinquième primaire.
9. L'intensité de ces relations est relativement identique d'une stratégie d'autorégulation à l'autre.

Une quatrième question de recherche étudie, quant à la structure théorique du processus d'autorégulation, quels sont les liens existants entre les diverses stratégies d'autorégulation (cf. section 1). Nous établissons les hypothèses suivantes :

10. Les différentes stratégies d'autorégulation co-varient significativement et positivement.
11. L'intensité de ces co-variations est relativement identique quelles que soient les relations mesurées.
12. Les sous-stratégies de contrôle des opérations et de vérification des résultats sont significativement corrélées entre elles.

Une cinquième question de recherche interroge comment évolue la capacité de l'enfant sur chaque stratégie lorsqu'on augmente la complexité des problèmes. Nous supposons que :

13. Aucune variation des capacités de l'enfant n'apparaît quant à la stratégie de détermination du but en fonction de l'augmentation de la complexité.
14. Les capacités de planification diminuent fortement avec l'augmentation de la complexité des problèmes.

15. Les capacités de contrôle (ainsi que les sous-stratégies de vérification des résultats et de contrôle des opérations qui la composent) diminuent en fonction de l'augmentation de la complexité des problèmes.

Une sixième question de recherche sonde quels sont mécanismes comportementaux sous-jacents à un contrôle efficace. Nous souhaitons principalement analyser l'impact du facteur temps et la fréquence des activités manifestes de contrôle sur l'efficacité du contrôle mené. Cette question reste essentiellement exploratoire, mais nous supposons de manière générale que :

16. Diverses manifestations comportementales de contrôle sont positivement associées à la performance de contrôle.

Enfin, une septième question de recherche évalue quelle est la fiabilité des mesures élaborées à partir du degré de certitude, par une confrontation entre les indices créés sur cette base par divers auteurs et la performance de contrôle. Conformément à ce que nous avons décrit dans la section 6 du chapitre précédent, nous posons l'hypothèse que :

17. Les diverses mesures indicielles ne sont que modérément corrélées à la performance de contrôle.

3. Méthode

3.1. Epreuves

Suite à l'argumentation posée dans la section 6 du chapitre précédent, nos épreuves se sont attachées à obtenir une mesure non rapportée de chacune des stratégies étudiées. A cette fin, des analyses de production verbale ou écrite, des observations directes et des mesures informatiques ont permis d'obtenir des mesures de performance sur chacune des stratégies d'une part, et des données comportementales et indicielles pour la stratégie de contrôle d'autre part. Les mesures de performance, qui constituent les données majeures de cette étude, concernent les capacités de l'enfant à effectuer avec succès chacune des stratégies dans des situations classiques de résolution de problèmes. Remarquons que, avant d'aboutir à leur version définitive, les épreuves présentées ici ont été élaborées théoriquement, puis testées à diverses reprises avec des élèves de cinquième primaire durant l'année scolaire 2001-2002. Nous décrivons dans cette section les épreuves relatives à la mesure de ces stratégies, ainsi que l'épreuve de performance scolaire et le contrôle des connaissances disciplinaires.

3.1.1. Epreuve de performance en résolution de problèmes

La première épreuve concernait une mesure standardisée de la performance scolaire en résolution de problèmes verbaux arithmétiques. Il s'agissait de la même épreuve que celle qui a été présentée dans le premier chapitre de cette dissertation. Les trois problèmes en étaient différents, mais respectaient les mêmes règles de constitution. Nous ne décrivons donc plus cette épreuve ici (cf. chapitre 1 et annexe 2), mais rappelons seulement qu'il s'agissait d'une mesure standardisée et collective.

3.1.2. Epreuve de détermination du but et de planification

La deuxième épreuve visait la mesure des stratégies de détermination du but et de planification. Nous avons présenté à l'enfant, en passation individuelle, divers énoncés répondant aux règles de constitution décrites antérieurement. Nous posions successivement deux questions : « Qu'est-ce qu'on te demande dans le problème ? » (détermination du but) et « Je ne te demande pas de résoudre le problème. Mais si tu devais le résoudre, comment t'y prendrais-tu ? » (planification). L'enfant répondait après chaque question, et les questions étaient répétées à chaque item. Le codage du score de la détermination du but a été réalisée pour chaque item de manière très stricte. Toute imprécision induit l'attribution d'un code d'échec. Pour la stratégie de planification, nous avons attribué un score de réussite si la règle suivante se vérifiait : « si l'enfant applique correctement la procédure choisie dans son entièreté, il parvient inévitablement à la réponse finale correcte ». Dans le cas contraire, l'échec à l'item a été conclu.

Quinze items étaient prévus pour la passation, répartis sur cinq niveaux de complexité. Conformément à la description théorique réalisée dans les sections 2.2 et 2.4, la complexité des tâches avait été définie en fonction du nombre d'interactions entre les éléments, c'est-à-dire du nombre d'étapes de résolution. La quantité des données insérées au sein de chaque relation était par contre constante. Les problèmes de niveau de complexité 1 étaient des problèmes à une étape, ceux de niveau 2 nécessitaient deux étapes, et ainsi de suite jusqu'à cinq étapes. Trois items avaient été élaborés sur chacun des cinq niveaux.

La passation se déroulait en augmentant progressivement le niveau de complexité, et elle s'arrêtait lorsque l'enfant ne réussissait aucun des trois items d'un même niveau de complexité. Le score d'échec était alors attribué aux items situés aux niveaux supérieurs de complexité. Ceci a permis d'obtenir une note sur 15 items pour tous les enfants de l'échantillon. L'hypothèse « tout enfant ayant échoué à l'ensemble des items d'un même niveau de complexité échoue à tout item d'un niveau de complexité supérieur » avait été évaluée et confirmée lors des essais des

épreuves, préalables à l'étude. Un score total peut être obtenu par un calcul de proportion de réussite des items ou d'addition des scores, si et seulement si la mesure de la consistance interne est satisfaisante. Notre méthodologie nous a donc permis d'évaluer la *capacité* de l'enfant à utiliser la stratégie de détermination du but et celle de planification. Cette capacité a été évaluée par une variable quantitative de *performance, sur demande directe de l'expérimentateur*.

3.1.3. Epreuve de contrôle

La troisième épreuve permettait la mesure du contrôle en passation individuelle, à l'aide d'un protocole de détection d'erreurs sur ordinateur (logiciel Metacard) inspirée de Bordeleau (1994) et Bouffard (1998). Le lecteur intéressé trouvera un exemple de ce type d'épreuve dans le cd-rom annexé à cette dissertation. Douze problèmes, répondant aux mêmes critères que ceux des deux autres épreuves, étaient présentés à l'enfant étape par étape. Une erreur (et une seule) était programmée sur chacun de ces problèmes. Deux types d'erreurs étaient possibles : erreur d'exactitude d'un calcul réalisé (exemple simpliste : 2+2=5) ou erreur du choix de l'opération arithmétique (exemple simpliste : 2+3=5 au lieu de 2x3=6). La détection du premier type d'erreur nécessitait l'application d'une stratégie de vérification des résultats. Pour rappel, cette stratégie correspond à une recherche des erreurs susceptibles d'être survenues dans l'application des procédures de calcul. La détection du second type exigeait le contrôle des opérations. Pour rappel, celui-ci exige la combinaison de la stratégie de contrôle de l'adéquation des intentions et du contrôle de la traduction de l'intention en opération arithmétique. La consigne fournie à l'enfant au début de l'épreuve (cf. cd-rom annexé) lui spécifiait que tout problème contenait une et une seule erreur, et décrivait les deux types d'erreur possibles. L'enfant ne savait par contre pas quel problème incluait quel type d'erreur, et devait donc réaliser les deux types de contrôle sur l'ensemble des problèmes.

Cette méthode d'évaluation du contrôle avait l'avantage de laisser l'enfant entièrement autonome et libre durant la passation de l'épreuve : à l'aide de boutons de commande (retourner à l'énoncé, retourner à l'étape précédente, aller à l'étape suivante, signaler qu'il a découvert une erreur, terminer la tâche), il déterminait lui-même l'ordre des étapes qu'il voulait parcourir, et le temps qu'il désirait rester sur chaque étape. L'expérimentateur restait en retrait, dans une position d'observateur. Il était demandé à l'enfant de détecter l'erreur en cliquant sur un bouton spécifique, et de la corriger sur une feuille fournie.

Similairement aux épreuves de détermination du but et de planification, les problèmes présentés se répartissaient sur différents niveaux de complexité. Des résolutions de 2 à 4 étapes étaient

proposées, à raison de quatre items par niveau (deux contenant une erreur de calcul et deux contenant une erreur liée aux opérations arithmétiques choisies).

Durant l'épreuve, une calculatrice était à la disposition de l'enfant. Les nombres utilisés étaient suffisamment complexes pour exiger de l'enfant un recours à cette calculatrice ou un calcul mental pouvant être observé par l'expérimentateur. Ces nombres « complexes » étaient des nombres de l'ordre des centaines généralement, parfois des dizaines. Ils nécessitaient des passages à la dizaine, et rendaient improbables l'utilisation de « trucs » de calcul mental (exemple : multiplier par 25 peut se calculer en multipliant par 100 et en divisant ensuite par 4). Notons également que l'habitude de l'emploi de la calculatrice avait été vérifiée auprès de chaque enseignant et de chaque enfant. Il en avait été de même pour l'habitude de l'utilisation des ordinateurs, deux écoles avaient ainsi été supprimées de l'échantillon initial car les élèves n'y participaient à aucun atelier informatique. Les fonctions informatiques exigées par l'épreuve étaient bien entendu très simples (clic sur des boutons de commande).

Les données de notre méthode sont nombreuses, de l'ordre de la performance, des manifestations comportementales et des indices de contrôle. Premièrement, chaque item s'est vu attribuer un code de performance (0-1), correspondant à la capacité de contrôle de l'enfant sur demande directe de l'adulte. Un score de performance a été établi de manière similaire aux deux stratégies précédentes (sur 12 items), et deux sous-scores ont également été calculés pour les deux sous-stratégies de contrôle (chacun sur 6 items). Un problème exemple était réalisé de manière supplémentaire au début de l'épreuve, et n'était bien entendu pas coté. Pour qu'un score de réussite soit attribué à un item quant à la mesure globale du contrôle, l'enfant devait avoir détecté une erreur à l'étape où celle-ci est réellement insérée, mais également la correction fournie devait être juste. Cette prise de position s'explique par le fait que, sachant que chaque problème contient une erreur, l'enfant qui ne trouve pas d'erreur à un problème tente fréquemment d'en cibler une au hasard. L'exigence d'une juste correction supprime ce biais important (cf. chapitre 7). Notons cependant que les scores relatifs à chaque sous-stratégie n'ont pas tenu compte des erreurs relatives à l'autre sous-stratégie. Par exemple, si un enfant a trouvé une erreur d'opération, corrigé en utilisant la bonne opération, mais inséré à son insu une erreur de calcul, il a été coté 0 dans le score général (puisque correction générale incorrecte), mais 1 dans le sous-score opération (puisque la correction de l'opération est juste, même si une erreur de calcul est insérée).

Deuxièmement, un indice des capacités de contrôle a été obtenu par le degré de certitude de l'enfant sur sa réponse. A la fin de chaque problème, il était en effet demandé à l'enfant dans

quelle mesure il était certain de sa réponse, par un positionnement sur une échelle de type Likert à 4 points (pas du tout certain – tout à fait certain). La réponse donnée par l'enfant était enregistrée par le logiciel et analysée dans ses rapports à la performance de contrôle par l'expérimentateur.

Troisièmement, le logiciel Metacard avait été programmé pour enregistrer diverses informations comportementales : ordre de passage sur les différentes étapes, nombre de passage sur une même étape, mesures du temps de chaque passage sur une étape, localisation de la détection de l'enfant sur chaque problème. Des mesures complémentaires ont été obtenues par observation directe ou analyse après-coup des productions écrites : correction de chaque problème par l'enfant (feuille de correction), utilisation de la calculatrice associée à l'étape où le calcul est réalisé (observation de l'expérimentateur). Ces mesures sont utilisées exclusivement dans les analyses relatives à la septième question de recherche.

3.1.4. Contrôle des connaissances disciplinaires

Etant donné l'impact direct des connaissances disciplinaires sur la réussite des activités d'autorégulation (cf. chapitre 3), cette variable devait être contrôlée. Les connaissances liées au choix des opérations arithmétiques ont été mesurées par la demande de planification des items à une étape. La réussite de ce type d'items met en effet en évidence la capacité de l'enfant à choisir, en situation isolée, une opération adéquate pour exprimer une intention de résolution. Les enfants ne réussissant pas deux items sur trois de ce niveau de base étaient exclus de l'échantillon. L'échec à un item sur les trois était accepté, notamment à cause des erreurs possibles de distraction. Ce type d'erreurs est particulièrement apparu, durant nos essais méthodologiques, auprès des élèves moyens et performants, considérant la tâche « trop facile » et se concentrant insuffisamment sur sa réussite.

Les connaissances liées aux procédures de calcul arithmétiques ne sont bien sûr pas nécessaires pour l'épreuve de détermination du but et de planification. Dans l'épreuve de contrôle, ces connaissances étaient maîtrisées par la disponibilité de la calculatrice, dont une utilisation correcte permettait l'obtention d'une réponse infaillible. Un biais reste cependant lié au manque de contrôle des connaissances disciplinaires liées à l'épreuve collective de performance scolaire. Cette question sera d'ailleurs reprise dans la discussion des résultats de cette étude. Notons cependant que les calculs nécessaires aux résolutions avaient clairement été élaborés et testés en fonction du niveau des enfants fréquentant la cinquième primaire, et que les enfants qui présentaient des difficultés majeures quant aux connaissances disciplinaires arithmétiques

avaient été exclus de l'échantillon, sur base de l'avis de l'enseignant. Nous pouvons donc supposer une capacité suffisante des connaissances disciplinaires à ce niveau, en situation isolée. De plus, notons que bon nombre d'études (voir par exemple Ferrari et al., 1998) se contentent d'utiliser des tâches du niveau scolaire des élèves, sans autre contrôle.

Le contrôle de l'influence des capacités verbales est important en vue de s'assurer de la bonne compréhension des énoncés. A cette fin, la formulation des énoncés était caractérisée par des structures de phrases simples (phrases courtes et généralement sans subordonnées) et par l'utilisation d'un vocabulaire basique (pas de difficulté lexicale). De plus, les élèves reconnus comme présentant des difficultés de maîtrise de la langue française, et particulièrement de lecture et de compréhension à la lecture, étaient exclus de l'échantillon. Enfin, tout élève présentant des difficultés à ce niveau était attendu d'échouer aux items de niveau 1 de complexité de l'épreuve de planification, et était donc exclu par ce biais.

3.2. Echantillon et procédure

Les épreuves ont été menées avec 42 enfants de cinquième année (enseignement ordinaire), fréquentant diverses écoles belges francophones, durant les mois de mai et juin 2002. Six écoles ont été visitées, et dans chaque école sept enfants ont été tirés au sort. Les écoles ont été sélectionnées, afin de présenter une diversité sur différents critères, comme présenté dans le tableau 4.1. Comme nous l'avons évoqué dans notre premier chapitre (section 4.2.1), et plus encore en raison de la petitesse de l'échantillon, cette diversification avait essentiellement pour but de susciter des variations importantes quant aux scores sur les différentes épreuves. La neutralisation de tout effet potentiel de pratiques pédagogiques particulières était de plus importante en vue des questions relatives à l'état du développement des stratégies d'autorégulation. Pour être sélectionnées, les écoles devaient impérativement avoir déjà mis en place des activités sur ordinateur, afin de garantir une compétence de base et une habitude de l'informatique nécessaires à l'épreuve de contrôle.

Dans chaque classe, la procédure a été menée comme suit. Les enfants ont été prévenus de notre passage dans leur classe par l'enseignant, sans préciser plus avant quel était l'objet de celui-ci. Une première heure de cours a été consacrée à la présentation de l'expérimentateur et de l'objet de sa venue dans la classe, à l'épreuve collective de performance en résolution de problèmes, et au tirage au sort des sept élèves vus individuellement par la suite.

Ecole	*Réseau*	*Milieu de vie*	*Milieu socio-économique*	*Province*
Ecole 1	Libre	Citadin	Aisé	Brabant Wallon
Ecole 2	Libre	Rural	Ouvrier/agricole	Hainaut
Ecole 3	Officiel	Rural	Aisé	Brabant Wallon
Ecole 4	Libre	Citadin	Aisé	Hainaut
Ecole 5	Libre	Citadin	Divers	Hainaut
Ecole 6	Libre	Rural	Ouvrier/agricole	Brabant Wallon

Tableau 4.1 : Tableau croisé des caractéristiques des écoles visitées.

Après la vérification auprès de l'enseignant d'une absence de difficultés majeures dans la maîtrise du français et dans les connaissances disciplinaires arithmétiques (cf. section précédente), ces enfants étaient soumis individuellement (hors de la classe) aux épreuves de mesure des stratégies d'autorégulation. Durant une première période de cours, la première partie de l'épreuve de contrôle était présentée. Aucun commentaire sur la réussite de l'épreuve n'était fait à l'enfant durant ou à la fin de cette première heure, afin de ne pas générer de représentations motivationnelles particulières pour la suite de l'épreuve (essentiellement quant au sentiment d'efficacité personnelle). Durant une seconde période de cours, la passation de la seconde partie de l'épreuve de contrôle, et de celle relative à la détermination du but et à la planification étaient réalisées. A la fin de cette seconde période, un feed-back était donné à l'enfant sur sa performance à l'ensemble des épreuves menées, et par conséquent quant à ses forces et faiblesses sur les diverses stratégies. Le même bilan était dressé ultérieurement avec l'enseignant pour l'ensemble des enfants rencontrés individuellement.

4. Résultats

4.1. Etablissement des scores pour chaque stratégie

Les 15 items de l'épreuve de planification présentent une consistance interne suffisante pour pouvoir établir un score global (alpha standardisé = .77, moyenne des corrélations inter-items = .23). L'ensemble des items semble adéquat puisque l'alpha varie entre .72 et .80 quand on retire un item à la fois (*alpha if item deleted*). Notons cependant que quatre items ne

présentent aucune variabilité. Tous les élèves réussissent au moins deux items du premier niveau de complexité, et tous échouent à deux items au moins du niveau le plus complexe. En fonction de notre cinquième question de recherche, ces résultats étaient attendus et ne sont donc pas anormaux (cf. section 4.3.2). Un score global de planification a dès lors été établi en additionnant les scores des 15 items.

Les 12 items de la variable de contrôle des erreurs présentent également une consistance interne suffisante pour pouvoir établir un score global (alpha standardisé = .77, moyenne des corrélations inter-items = .22). L'ensemble des items semble adéquat puisque l'alpha varie entre .71 et .78 quand on retire un item à la fois (*alpha if item deleted*). Un score global de contrôle a dès lors été établi en additionnant les scores des 12 items.

Les 6 items relatifs à la sous-stratégie de vérification des résultats présentent un alpha standardisé de .84 (moyenne des corrélations inter-items = .46). Un score global de vérification des résultats a dès lors été établi en additionnant les scores des 6 items. Les 6 items relatifs à la sous-stratégie de contrôle des opérations présentent un alpha standardisé de .73 (moyenne des corrélations inter-items = .31). Bien que cet alpha soit un peu plus faible, nous estimons pouvoir calculer un score global de contrôle des opérations en additionnant les scores des 6 items.

Comme nous l'observerons dans le traitement de notre première question de recherche, nous avons constaté un effet plafond majeur de la stratégie de détermination du but, qui enlève tout intérêt de calculer un score global par élève. Etant donné le manque de variance des items, le calcul de l'alpha n'a pu être mené, et aucune mesure d'association ne pourra être conduite en rapport avec cette stratégie. Cet effet plafond n'est pas, comme on pourrait le critiquer, relatif à un mauvais ajustement de la complexité des items, mais correspond à un état de développement traduisant l'acquisition de cette stratégie (cf. section 4.3.1).

4.2. Analyse de la normalité de la distribution des variables

Les résultats au test de normalité de Kolmogorov-Smirnov démontrent clairement que l'ensemble des variables présentent des distributions non normales (cf. tableau 4.2.). La signification obtenue varie entre .000 et .003, ce qui est d'autant plus convaincant que la taille de notre échantillon est fort réduite. Les histogrammes de chaque variable, présentés en annexe 4, confirment cette non normalité des distributions.

Des analyses complémentaires nous ont permis de constater que la stratégie de contrôle est fortement asymétrique (A = -.99) ainsi que les deux sous-stratégies de vérification des résultats (A = -1.27) et de contrôle des opérations (A = -.96). A l'inverse, la stratégie de planification

démontre une asymétrie acceptable, mais un escarpement très faible (K = -1.09). Nous reprendrons d'ailleurs ces résultats en traitant notre deuxième question de recherche (cf. tableau 4.3).

Test de normalité de Kolmogorov-Smirnov	Statistique	Degré de liberté	Seuil de signification
Planification	.171	42	.003
Contrôle G	.185	42	.001
Contrôle OP	.221	42	> .001
Contrôle CA	.241	42	> .001

Tableau 4.2. Test de normalité de Kolmogorov-Smirnov (avec correction de signification de Lilliefors).[6]

Constatant ces résultats, l'ensemble des analyses inférentielles menées sur ces diverses variables seront menées à l'aide d'analyses non paramétriques. Il en est de même pour le score de performance en résolution de problèmes, étant donné qu'il ne varie que sur quatre points (0 à 3).

4.3. Bilan des capacités autorégulatrices (question 1)

4.3.1. Stratégie de détermination du but

Comme nous l'avons évoqué dans la section consacrée à l'établissement des scores par stratégie, nous constatons une absence importante de variation quant à la réussite des items de la stratégie de détermination du but. Ainsi, la moyenne des moyennes de réussite des items est de 98 %, traduisant un effet plafond majeur. Tous les enfants ont réussi au moins les deux tiers des items (les sujets les plus faibles sur cette stratégie répondent correctement à 67 % des items), et 30 élèves sur 42 ont mené avec succès tous les items. Rappelons de plus que nous ne tolérions aucune erreur minime ni aucune imprécision.

[6] Pour une clarté de lecture des tableaux, les appellations *« contrôle G »* réfèrent pour la suite de ce texte au score de contrôle global, *« contrôle OP »* au score relatif à la sous-stratégie de contrôle des opérations et *« contrôle CA »* au score concernent la sous-stratégie de vérification des résultats.

Comme nous en avions posé l'hypothèse (et de manière plus intense que nous ne l'avions prévu), il apparaît que la majorité des enfants ont mené efficacement la tâche relative à cette stratégie. Nous pouvons donc clairement considérer que cette variable est acquise par l'ensemble des enfants.

4.3.2. Stratégie de planification

La moyenne des scores de planification est de 6.69 (15 items). Ceci signifie que 45 % des items de l'épreuve de planification sont en moyenne réussis par les élèves. Ce taux de réussite assez faible est illustré mieux encore par l'étude de la réussite en fonction des niveaux de complexité des problèmes (nous anticipons donc quelque peu sur la cinquième question de recherche). Rappelons que cinq niveaux de complexité ont été proposés aux enfants (de une à cinq étapes), à raison de trois items par niveau. Nous considérons le niveau de complexité acquis lorsque deux items sur trois sont réussis.

Tous les sujets de l'échantillon réussissent au moins deux des trois items du niveau de base. Bien plus, 37 élèves sur 42 (88 %) réalisent les trois items avec succès. Nous pouvons donc considérer que tous les sujets de l'échantillon maîtrisent les connaissances disciplinaires de base relatives au choix de l'opération arithmétique. Ce résultat est important, puisque nous avions stipulé que tout enfant ne réussissant pas ce niveau de base serait exclu de l'échantillon en raison d'une lacune sur les connaissances disciplinaires (cf. section 3.1.4).

Près de 62 % des sujets réussissent le niveau 2 de complexité, mais déjà beaucoup y échouent à 2 (24 % des élèves) ou 3 items (14 %). Dès les problèmes du niveau 3 de complexité, la majorité des enfants échouent à 2 ou 3 items (71 %). Seul un quart des enfants environ réussissent donc ce niveau. Nous pouvons donc considérer que, en terme de capacités moyennes, les enfants de notre échantillon (niveau de cinquième primaire) échouent à planifier 3 étapes dans la résolution des problèmes arithmétiques.

La majorité des enfants semblent donc capables d'une planification à deux étapes dans le cadre de nos problèmes. Contrairement à notre deuxième hypothèse, les items de niveau trois de complexité sont ratés par environ 7 enfants sur 10.

4.3.3. Stratégie de contrôle

La moyenne du score global de l'épreuve de contrôle est égale à 8.36 (sur 12 items), ce qui évoque un taux de réussite moyen de 70 %. Il apparaît que trois quarts des enfants réussissent au moins la moitié des items (percentile 25 = 6.75, cf. tableau 4.3). Ce niveau de réussite

correspond à notre troisième hypothèse : une majorité d'enfants réussissent une majorité des items relatifs à la stratégie de contrôle.

	Contrôle G	Contrôle OP	Contrôle CA
N	42	42	42
Moyenne	8.36	4.24	4.48
Percentiles 25	6.75	3.00	4.00
50	9.00	5.00	5.00
75	11.00	6.00	6.00

Tableau 4.3. Moyennes et quartiles des différents scores de contrôle.

Peu de différences apparaissent selon les sous-stratégies du contrôle, conformément à notre quatrième hypothèse. La moyenne du score relatif à la vérification des résultats est égale à 4.48 (sur 6 items), évoquant 75 % de réussite. Le contrôle des opérations a une moyenne de 4.24 (sur 6 items), équivalent à 71 % d'items réalisés avec succès. Les variables relatives aux deux sous-stratégies du contrôle sont bâties sur le même type d'épreuve et le même nombre d'items, mais correspondent à deux conditions différentes sur la nature de l'objet à contrôler (calcul ou opération). Nous pouvons réaliser une analyse non paramétrique de comparaison de ces variables. Le *Wilcoxon Signed Ranks Test* montre une absence de différence significative entre les deux moyennes ($p = .587$, $N = 42$), corroborant notre quatrième hypothèse.

4.4. Différences interindividuelles (question 2)

Les mesures de voussure nous renseignent sur le degré d'homogénéité des scores, et évoquent par conséquent les différences interindividuelles sur chaque variable (voir notamment Laveault & Grégoire, 2002). L'asymétrie nous informe par contre sur la tendance de la distribution vers la droite ou la gauche, évaluant si le regroupement des scores est plus important vers les plus faibles ou les plus élevés. Le tableau 4.4 indique les indices de voussure (aussi appelé escarpement ou kurtose) des stratégies ou sous-stratégies étudiées.

L'effet plafond observé sur la stratégie de détermination du but induit évidemment une distribution très homogène de cette variable. Ce regroupement des performances des élèves vers

le haut n'a cependant pas pu être confirmé par la mesure de voussure, puisque aucun score total n'a pu être calculé (cf. section 4.1).

La planification est très hétérogène (distribution platykurtique : K = -1.09), tandis que le contrôle est moyennement hétérogène (distribution mésokurtique : K = 0.18). De plus, l'asymétrie est positive pour la planification (tendance de regroupement vers les scores les plus faibles), tandis qu'elle est fortement négative pour le contrôle (tendance de regroupement vers les scores les plus élevés). Alors que le niveau moyen de réussite des deux sous-stratégies de contrôle a été observé non significativement différent dans la section précédente, il apparaît que la sous-stratégie de vérification des résultats (K = .38) est plus homogène que celle de contrôle des opérations (K = .19). L'observation des graphiques de ces deux variables (cf. annexe 4), ainsi que leurs mesures d'asymétrie (cf. tableau 4.4), permettent d'observer que cette différence est surtout relative à une asymétrie plus élevée (tendance négative) de la sous-stratégie de vérification des résultats, alors que les scores du contrôle des opérations sont plus dispersés.

	N	K	A
Planification	42	-1.09	.40
Contrôle G	42	.18	-.99
Contrôle OP	42	.19	-.96
Contrôle CA	42	.38	-1.27

Tableau 4.4. Mesures de voussure et d'asymétrie des scores relatifs aux stratégies d'autorégulation.

Conformément à notre cinquième hypothèse, la stratégie de détermination du but apparaît plus homogène que les autres stratégies, et elle l'est de manière plus intense qu'attendu. Par contre, nous attendions une similarité dans le degré d'homogénéité des variables de planification et de contrôle. Il apparaît que ce n'est pas le cas, puisque la planification est très hétérogène, tandis que le contrôle et ses sous-stratégies se situent à un niveau intermédiaire. De même, la sous-stratégie de vérification des résultats se trouve bien plus hétérogène que celle de contrôle des opérations. Nos sixième et septième hypothèses se trouvent donc infirmées.

4.5. Relations entre les stratégies d'autorégulation et la performance scolaire (question 3)

Si le rho de Spearman est sans conteste le plus utilisé des indices non paramétriques de corrélation, divers auteurs soulignent que le tau de Kendall est plus précis, particulièrement dans le cas de petits échantillons et de variables contenant de nombreux rangs ex aequo (*tied ranks*) (Field, 2000, Fox, 1999, Gibbons, 1976, Leach, 1979). Nous optons généralement pour l'utilisation de l'indice de Spearman, nos scores des diverses stratégies variant sur sept points au minimum. Cependant, dans l'étude des relations à la performance scolaire, nous préférons rester prudent et utiliser la statistique du tau-c[7], la variation maximale de cette épreuve ne s'étendant que sur quatre points. Rappelons de plus que notre échantillon ne comptabilise que 42 sujets, étant donné la longueur de passation des épreuves.

La stratégie de planification est corrélée de manière très significative et intense à la performance scolaire en résolution de problèmes arithmétiques, telle que mesurée par notre épreuve ($\tau = .53$, $p < .001$, $N = 42$). La stratégie de contrôle est également reliée à la performance scolaire, mais de manière moins intense ($\tau = .30$, $p = .009$, $N = 42$). En rapport aux résultats des deux sous-stratégies, il apparaît que le contrôle des opérations est lié significativement à la performance scolaire ($\tau = .32$, $p = .010$, $N = 42$), mais pas la vérification des résultats ($\tau = .11$, $p = .310$, $N = 42$). Il est donc vraisemblable que la relation entre score global de contrôle et performance soit seulement modérée à cause de cette absence de relation significative de ce type de contrôle. Ce fait sera discuté à la fin de ce chapitre.

Conformément à notre huitième hypothèse, nous observons une corrélation positive et significative entre les scores des diverses stratégies d'autorégulation et la performance scolaire. Contrairement à notre neuvième hypothèse, il apparaît cependant une différence dans l'intensité de la corrélation au profit de la planification. Si le score global de contrôle est corrélé modérément à la performance, il est étonnant de constater une absence de co-variation entre la vérification des résultats et la performance.

---

[7] Le coefficient du tau-b, plus couramment utilisé, ne peut ici être utilisé, car il n'a de validité que pour des tableaux carrés, c'est-à-dire pour les données variant sur le même nombre de points pour les deux variables associées (Fox, 1999).

Tau-c de Kendall		Performance
Planification	Coefficient de corrélation	.53**
	Seuil de signification (test bilatéral[8])	> .001
	N	42
Contrôle G.	Coefficient de corrélation	.30*
	Seuil de signification (test bilatéral)	.009
	N	42
Contrôle OP	Coefficient de corrélation	.32*
	Seuil de signification (test bilatéral)	.010
	N	42
Contrôle CA	Coefficient de corrélation	.11
	Seuil de signification (test bilatéral)	.310
	N	42

** Corrélation significative avec p < .01 (test bilatéral).
* Corrélation significative avec p < .05 (test bilatéral).

Tableau 4.5. Corrélations entre (sous)stratégies d'autorégulation et performance.

Nous n'avons pu mener d'analyse corrélationnelle concernant la détermination du but. Le constat d'un effet plafond ne signifie pas que cette stratégie n'est pas importante en vue de la capacité de résoudre des problèmes. Il exprime seulement que, étant acquise par les enfants de cet âge et dans le type de tâches décrites, elle ne détermine pas de variation dans la réussite des problèmes arithmétiques.

4.6. Relations entre les stratégies d'autorégulation (question 4)

Nous observons une relation significativement positive et modérée entre les stratégies de contrôle et de planification ($r_s = .48$, $p = .001$, $N = 42$), conformément à notre dixième hypothèse. Contrairement à notre douzième hypothèse par contre, les deux sous-stratégies de l'épreuve de contrôle ne sont pas corrélées entre elles ($r_s = -.01$, $p = .948$, $N = 42$). Les capacités relatives à ces deux types de contrôle semblent donc indépendantes l'une de l'autre.

[8] Test bilatéral = 2-tailed

Aucune analyse de co-variation n'a pu être menée avec la stratégie de détermination du but, puisque aucun score global n'a pu être établi pour cette variable (cf. section 4.1). L'hypothèse 11 ne peut donc être évaluée. Cependant, il apparaît que les quatre enfants ayant 75 % de réussite ou moins sur l'épreuve de détermination de l'objectif (soit les enfants les plus faibles sur cette stratégie) se situent entre les percentiles 5 et 50 pour les scores relatifs aux stratégies de planification et de contrôle (scores inférieurs à la moyenne). Ces observations nous donnent un indice que les élèves les plus faibles en détermination de l'objectif sont aussi plus faibles sur les autres stratégies d'autorégulation cognitive, mais aucune mesure de signification statistique ne nous permet de l'affirmer.

Les diverses stratégies paraissent liées entre elles, mais le caractère modéré de cette relation évoque cependant un fonctionnement propre. La différenciation des stratégies apparaît donc importante, et celle des sous-stratégies d'autant plus qu'il est constaté une absence de relation significative.

4.7. Influence de la complexité sur l'efficacité des stratégies d'autorégulation (question 5)

Afin d'évaluer l'influence de l'augmentation de la complexité sur la performance des diverses stratégies, des sous-scores ont été établis, au sein de chaque variable, pour chaque niveau de complexité. Des analyses non paramétriques de comparaison multiple ont ensuite été menées (test de Friedman), éventuellement affinées par des comparaisons simples du test de Wilcoxon.

L'efficacité de la stratégie de détermination du but ne change pas en fonction de l'augmentation de la complexité. Le test de Friedman montre une absence de différence significative entre les différents niveaux de complexité ($p = .638$). Les moyennes des différents niveaux sont présentées dans le tableau 4.6. Ce résultat était attendu (hypothèse 13), étant donné que la prise en compte du but ne nécessite pas la compréhension des moyens pour y parvenir, et donc n'implique pas de modification importante de la charge cognitive nécessaire.

Détermination du but	Complexité niveau 1	Complexité niveau 2	Complexité niveau 3	Complexité niveau 4	Complexité niveau 5
N	42	42	38	26	24
Moyenne	.98	.91	.96	.99	1.00

Tableau 4.6. Moyennes de réussite des items par niveau de complexité (stratégie de détermination du but).

A l'inverse, les performances en planification déclinent plus fortement qu'attendu en fonction de l'augmentation de la complexité de la tâche (hypothèse 14). La comparaison multiple de Friedman montre une différence très significative (et dans le sens prévu) entre les niveaux de complexité ($p < .001$). Les analyses par paire (cf. tableau 4.7) montrent des différences très significatives entre les niveaux 2 et 3 ($p < .001$), entre les niveaux 3 et 5 ($p < .001$), et entre les niveaux 2 et 4 ($p = .001$). Par contre nous n'observons étonnement pas de différence significative entre les niveaux 3 et 4 ($p = .265$). Aucune explication satisfaisante n'a pu être trouvée pour expliquer ce fait, le niveau de réussite de chaque item étant relativement semblable pour ces deux degrés de complexité. Les proportions de réussite par niveau de complexité sont représentées dans la figure 4.1. Comme nous l'avions décrit dans la section 4.3, la charnière majeure de cette variable se situe entre les problèmes à deux et à trois étapes, puisque 62 % des problèmes à deux étapes sont correctement planifiés, tandis que seulement 28 % des problèmes à trois étapes le sont.

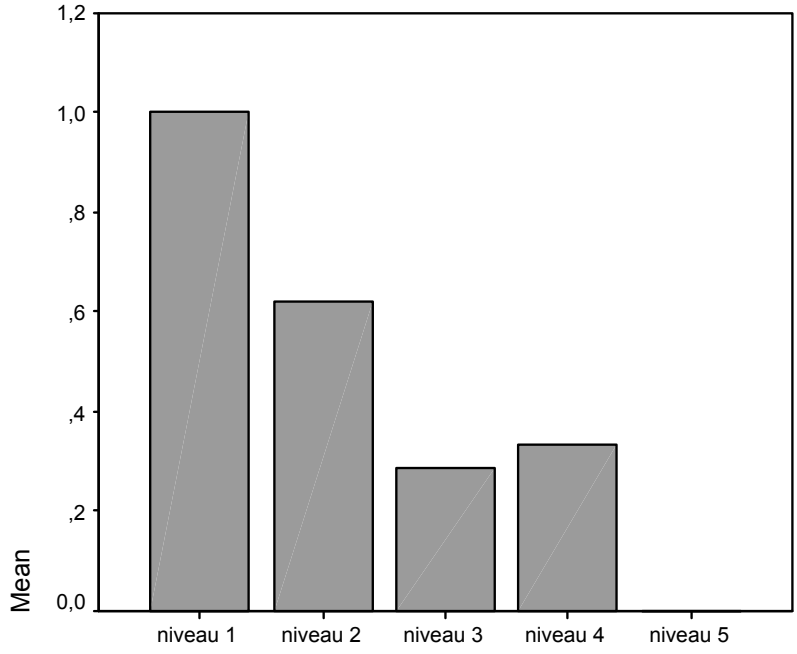

Figure 4.1. Moyennes de réussite des items par niveau de complexité (stratégie de planification).

Planification: *Wilcoxon Signed Ranks Test*	Complexité niveau 2 - niveau 1	Complexité niveau 3 - niveau 2	Complexité niveau 4 - niveau 3	Complexit niveau 5 - niveau 4	Complexité niveau 4 - niveau 2
Z	-4.97[a]	-4.15[a]	-1.11[b]	-4.07[a]	-3.22[a]
Seuil de signification (test bilatéral)	> .001	> .001	.265	> .001	.001

a Basé sur les rangs positifs. b Basé sur les rangs négatifs.

Tableau 4.7. Analyses des différences par paires entre niveaux de complexité (stratégie de planification).

Contrairement à notre quinzième hypothèse, les scores relatifs au contrôle restent par contre similaires quel que soit le niveau de complexité des items. L'indice de Friedman révèle en effet une absence générale de différence significative entre les trois niveaux de complexité (p = .176). Ce résultat est confirmé par une analyse sur les trois niveaux par paires (cf. tableau 4.8). La figure 4.2 permet de constater graphiquement cette absence de différence majeure de réussite.

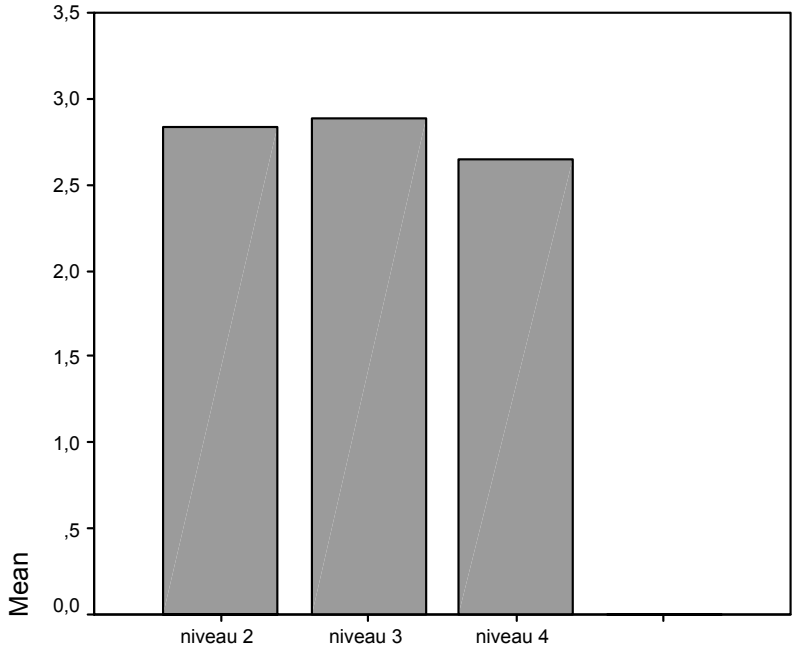

Figure 4.2. Proportions de réussite des items par niveau de complexité (stratégie de contrôle : score global).

Wilcoxon Signed Ranks Test		Complexité : niveau 3 - niveau 2	Complexité : niveau 4 - niveau 3	Complexité : niveau 3 - niveau 2
Contrôle G	Z	-.20[a]	-1.48[b]	-1.32[b]
	Seuil de signification (test bilatéral)	.839	.140	.187
Contrôle OP	Z	-2.14[a]	-2.70[b]	-1.25[b]
	Seuil de signification (test bilatéral)	.033	.007	.211
Contrôle CA	Z	-1.15[b]	-1.60[a]	-.26[a]
	Seuil de signification (test bilatéral)	.251	.109	.796

a Basé sur les rangs positifs. b Basé sur les rangs négatifs.

Tableau 4.8. Comparaison des moyennes de réussite des items par niveau de complexité pour les trois scores de contrôle.

Les deux sous-stratégies de contrôle indiquent pourtant des résultats différents : la vérification des résultats montre, au test de Friedman, une absence de différence significative ($p = .180$), contrairement au contrôle des opérations ($p = .015$). La vérification des résultats présente des absences de différence de moyennes par paires (cf. tableau 4.8 et figure 4.3).

Comme il est présenté dans le tableau 4.8, le contrôle des opérations présente des différences significatives entre les moyennes des niveaux 2 et 3 ($p = .033$), et des niveaux 3 et 4 ($p = .007$), mais pas entre les niveaux 2 et 4 ($p = .21$). Ce résultat est étonnant, puisque si on suppose la diminution de la réussite des items en fonction de l'augmentation de la complexité, la différence de moyennes devrait être particulièrement marquée entre les niveaux 2 et 4. Nous constatons de fait que la proportion de réussite du niveau 2 de complexité ($M = 1.4$) est inférieure à celle du niveau 3 ($M = 1.6$), tandis que celle du niveau 4 est inférieure ($M = 1.24$). La figure 4.4 présente graphiquement ce constat. Nous pouvons donc en conclure que si les niveaux de réussite varient, le facteur explicatif n'en est pas l'augmentation de la complexité des problèmes.

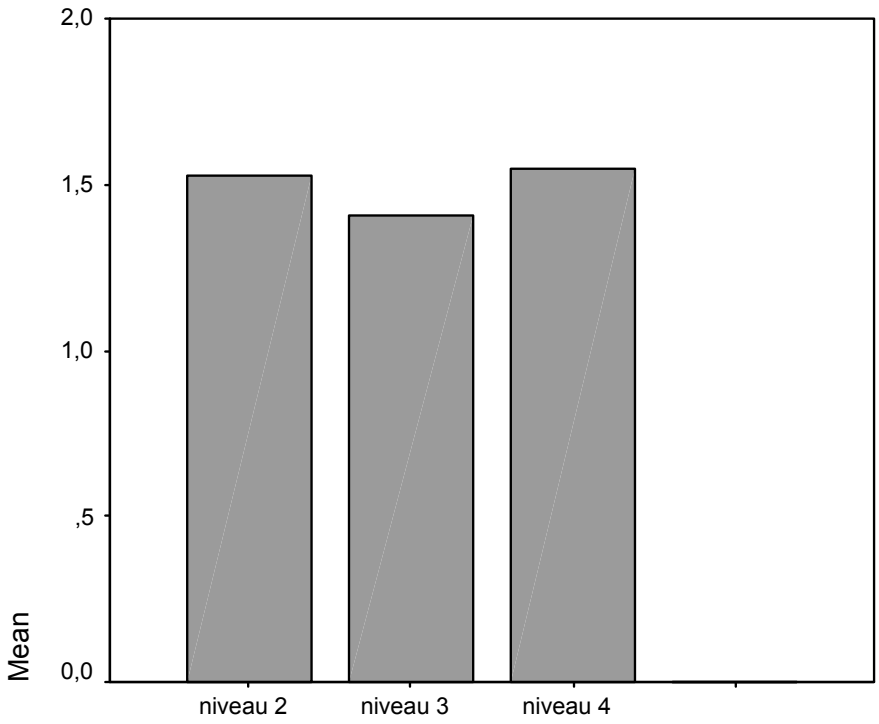

Figure 4.3. Proportions de réussite des items par niveau de complexité (stratégie de vérification des résultats arithmétiques).

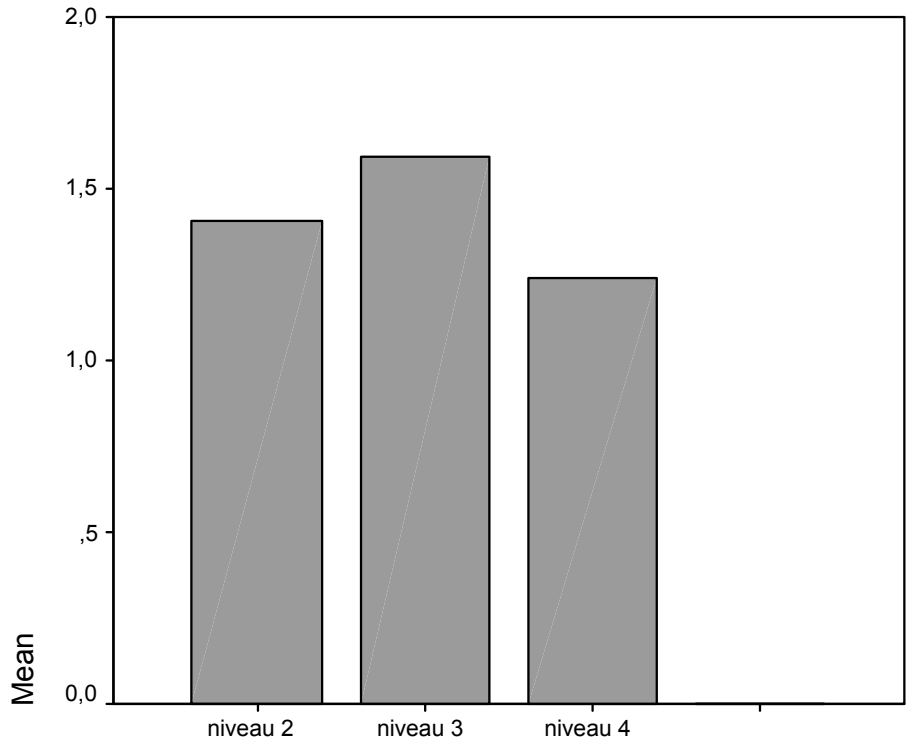

Figure 4.4. Proportions de réussite des items par niveau de complexité (stratégie de contrôle des opérations).

Conformément à nos hypothèses, le pourcentage de réussite de l'épreuve de détermination du but n'est pas influencé par le niveau de complexité des problèmes, tandis que les capacités de planification diminuent fortement en fonction de l'augmentation de cette variable de complexité. Comme nous l'avons décrit précédemment, nous avons cependant été étonné du décroissement rapide de la performance de planification, puisque le niveau de complexité 2 est le dernier niveau réussi par une majorité des élèves. Cependant, le résultat le plus significatif est le constat de l'absence d'impact de la complexité sur la performance de contrôle, de manière globale et relativement aux deux sous-stratégies.

4.8. Mesures comportementales et performance de contrôle (question 6)

Concernant exclusivement la stratégie de contrôle, cette partie de l'analyse vise à évaluer les liens entre diverses manifestations comportementales de l'individu durant le contrôle de problèmes arithmétiques résolus (via la tâche de détection d'erreurs), et les capacités relatives à cette stratégie ou aux sous-stratégies qui la composent (exprimées en terme de score de performance). L'enjeu de cette analyse est double. D'une part, elle vise à évaluer l'intérêt méthodologique de diverses manifestations comportementales utilisées précédemment dans la littérature comme mesure de l'autorégulation ou du contrôle (estimation de la fiabilité). D'autre part, l'enjeu est de comprendre quels types de comportements sont quantitativement bénéfiques à un contrôle mené efficacement, afin de guider l'établissement ultérieur d'interventions pédagogiques visant le développement de la capacité de contrôle. A cette fin, divers scores comportementaux ont été établis spécifiquement quant aux deux sous-stratégies.

Trois scores ont été élaborés quant à la vérification des résultats arithmétiques. Le premier consiste en le *nombre total de vérifications de calculs* effectuées par l'élève durant l'ensemble de l'épreuve (observation directe en cours de passation : utilisation de la calculatrice ou signes manifestes d'un calcul mental). Les calculs réalisés en vue de fournir le résultat à une correction d'opérations ont été retirés, puisqu'ils ne constituent pas un contrôle. Par exemple, si un enfant corrige une étape 987 – 702 = 285 en 987 + 702 = 1689, et utilise la calculatrice pour obtenir le nombre 1689, cette utilisation ne sera pas comptabilisée comme vérification des résultats arithmétiques. Un deuxième score est établi sur base de six calculs particulièrement difficiles pour les enfants de cet âge (opération de division ou de multiplication, grands nombres, nombreux passages de dizaine, et absence de « trucs » facilitant le calcul) et situés avant l'étape contenant l'erreur. Un point est accordé par manifestation de contrôle de ces calculs, et une

moyenne est réalisée. Dans le cas d'une fausse erreur située avant cette étape, l'item n'est pas pris en compte. Le score obtenu est une mesure de proportion de contrôle sur ces calculs les plus susceptibles d'être contrôlés (appelé plus brièvement *vérification nécessaire des calculs*). Un troisième score comptabilise le nombre de vérification des calculs réalisés après le signal de la détection de l'erreur et concernant le calcul contenant l'erreur. Il s'agit donc d'une mesure de *persévérance de la vérification des résultats*.

Trois indices de contrôle des opérations ont également été établis. Les deux premiers concernent le *nombre de retours à l'énoncé* et le *nombre de retours à l'étape précédente*. Une troisième mesure est établie par le nombre de mouvements réalisés par l'enfant entre les cartes graphiques après la détection de l'erreur. Ce score évoque la *persévérance du contrôle des opérations*. La mesure du *temps total* passé sur le contrôle des épreuves était un indice complémentaire de contrôle (relatif au score global et non à l'une des deux sous-stratégies). Les mesures de corrélation entre ces variables et les mesures de performance de contrôle sont présentées dans le tableau 4.9.

De manière contradictoire avec nos hypothèses, nous observons que la majorité des mesures comportementales de contrôle ne sont pas corrélées de manière non significative à la *performance de contrôle (score global).* Seule une des trois mesures relatives à la sous-stratégie de vérification des résultats arithmétiques est positivement corrélée à ce score : la proportion de vérification des calculs devant nécessairement être contrôlés ($\tau = .40$, $p = .001$, $N = 42$). L'ensemble des mesures de contrôle des opérations ne sont pas corrélées à la performance de contrôle, ainsi que la mesure du temps de contrôle.

L'analyse des résultats en relation avec la performance relative aux deux sous-stratégies permet d'affiner ce constat. Il apparaît en effet que presque aucune des mesures comportementales liées au *contrôle des opérations* n'est significativement associée à la performance de cette même sous-stratégie. La seule corrélation significative vis-à-vis de la performance en contrôle des opérations est observée avec la mesure du temps total, et elle est négative ($\tau = -.25$, $p = .047$, $N = 42$). Ainsi, plus l'élève passe de temps à contrôler un problème, plus sa performance est basse par la suite. Nous constatons d'ailleurs que les relations non significatives entre performance et aspects comportementaux suivent toutes la même direction pour cette sous-stratégie.

Tau-c de Kendall		Contrôle G	Contrôle OP	Contrôle CA
Temps total	τ	-.16	-.27*	.01
	p (test bilatéral)	.217	.047	.967
	N	42	42	42
Retours énoncé	τ	-.06	-.11	-.05
	p (test bilatéral)	.597	.356	.647
	N	42	42	42
Retours étape précédente	τ	-.18	-.14	.06
	p (test bilatéral)	.104	.250	.635
	N	42	42	42
Persévérance contrôle OP	τ	-.04	-.08	.03
	p (test bilatéral)	.709	.534	.818
	N	42	42	42
Vérifications calculs	τ	.27	-.01	.51*
	p (test bilatéral)	.054	.993	> .001
	N	42	42	42
Vérifications nécessaires CA	τ	.40**	.12	.48**
	p (test bilatéral)	.001	.368	> .001
	N	42	42	42
Persévérance vérifications CA	τ	.18	.21	.20
	p (test bilatéral)	.133	.088	.059
	N	40	40	40

** Corrélation significative avec p < .01 (test bilatéral).

* Corrélation significative avec p < .05 (test bilatéral).

Tableau 4.9. Corrélations entre mesures comportementales et performance de contrôle.

A l'inverse, deux des trois indices comportementaux de *vérification des résultats* arithmétiques sont significativement et positivement corrélés à la performance de cette sous-stratégie. Il s'agit du nombre de vérifications de calcul ($\tau = .51$, $p < .001$, $N = 42$) et de la proportion de

vérifications des calculs devant nécessairement être contrôlés ($\tau = .48$, $p < .001$, $N = 42$). Nous constatons que tant l'intensité que le degré de signification de ces relations sont importantes. La variable de persistance des vérifications de calculs n'est pas significativement liée à cette performance spécifique, ce qui peut sans doute s'expliquer par le fait que la calculatrice permet l'obtention d'un résultat fiable au premier essai (cf. discussion).

Ces résultats mettent donc en évidence, contrairement à notre seizième hypothèse, que les manifestations comportementales de contrôle ne sont pas quantitativement reliées pour le contrôle des opérations, à l'inverse de la vérification des résultats arithmétiques. Ce résultat met partiellement en doute la fiabilité des mesures comportementales réalisées pour évaluer le caractère d'efficacité du contrôle. De plus, si certaines actions paraissent directement bénéfiques à une stratégie efficace de vérification des résultats arithmétiques, les comportements sous-jacents au contrôle des opérations restent étonnamment mal cernés.

4.9. Fiabilité des mesures indicielles de contrôle (question 7)

4.9.1. Présentation des scores liés au degré de certitude

Comme nous l'évoquions dans le chapitre précédent (section 6.2), il existe diverses manières d'exploiter le degré de certitude. Stankov (2000) utilise simplement la moyenne du degré de certitude de l'ensemble des items. Ce score ne nous satisfait cependant pas, puisqu'il n'analyse en rien le rapport de cette certitude avec la performance réelle du sujet. Nous utilisons les deux mesures utilisées par Nietfeld et Schraw (2002) quant au degré de certitude : le score de distorsion (*bias score*) et le score de précision (*accuracy score*).

Le *score de distorsion* évoque la sévérité de la sous-estimation ou de la surestimation de l'élève. Pour chaque item est calculée la différence entre le degré de certitude et le score de performance de contrôle. A cette fin, ces deux mesures sont ramenées sur des scores variant entre 0 et 1. Ainsi, l'élève donnant un degré de certitude maximal (1) alors qu'il échoue au problème (0) obtient un score de distorsion de 1 (1-0 =1), marque de surestimation. A l'inverse, l'élève donnant un degré de certitude minimal (0) et réussissant le problème (1) obtient un score de -1 (0-1=-1), marque de sous-estimation. Un élève ne présentant aucune distorsion à un item est par exemple celui qui donne un degré de certitude maximum (1), accompagné d'une réussite de l'item (1). Le score est alors de 0 (1-1=0). Une moyenne est réalisée sur l'ensemble des items, et le score de distorsion varie entre -1 (sous-estimation maximale) et 1 (surestimation maximale), 0 étant l'estimation parfaite.

Le *score de précision* du degré de certitude est obtenu en prenant en compte la valeur absolue des différences calculées ci-dessus (degré de certitude moins performance de contrôle) pour chacun des items. Ainsi, contrairement à ce que nous décrivions ci-dessus, l'élève donnant un degré de certitude minimal (0) et réussissant le problème (1) obtient un score de 1 et non plus de -1. Une moyenne de l'ensemble des items est calculée, et le score varie entre 0 (le plus précis) et 1 (le moins précis). Ce score permet de contourner un problème du score de distorsion : l'élève qui se surestime à certains items et se sous-estime à d'autres peut parvenir à un score d'estimation parfaite (annulation par les contraires). Il a évidemment le désavantage de ne pas indiquer la tendance de la distorsion (sous- ou surestimation).

Nous comparons ce score de précision à celui proposé par Bouffard (1998) et Vezeau et al. (1997), que ces auteurs appellent *jugement d'exactitude*. Cet autre score de précision du degré de certitude est obtenu en calculant la différence entre le degré de certitude moyen sur les erreurs correctement détectées et celui sur celles incorrectement détectées.

Nous analysons ces trois scores dans leur relation avec eux-mêmes, avec les variables de performance de contrôle, et avec les mesures comportementales de contrôle.

4.9.2. Score de précision et jugement d'exactitude

Nous observons une corrélation très significative entre les deux scores de précision du degré de certitude ($r_s = -.43$, $p = .006$, $N = 39$). La valence négative de cette relation est logique dans la mesure où le score de Nietfeld et Schraw attribue la précision au score le plus faible (0 = précision parfaite), alors que c'est l'inverse pour le score de Bouffard et Vezeau. Cependant, leur lien à la performance de contrôle se distingue considérablement, comme nous le montre le tableau 4.10.

Nous observons en effet que le premier score de précision est corrélé de manière très significative et intense à la performance de contrôle ($\tau = -.56$, $p < .001$, $N = 41$), à l'inverse du jugement d'exactitude ($\tau = .13$, $p = .280$, $N = 40$). Bien que leur intensité soit moindre (cf. tableau 4.10), ces relations se confirment dans les analyses séparées pour les sous-stratégies de contrôle des opérations et de vérification des résultats arithmétiques. Remarquons qu'en comparant les 20 % supérieurs du score de Vezeau et Bouffard avec le reste de l'échantillon, il apparaît cependant une différence significative quant à la performance de contrôle global ($p = .015$). Ces résultats contredisent partiellement notre seizième hypothèse, puisque les deux mesures laissent apparaître des résultats complètement divergents, et car l'une des mesures est

corrélée de manière plus intense qu'attendu, alors que l'autre ne l'est significativement que vis-à-vis des élèves s'évaluant le plus précisément.

Tau-c de Kendall		Contrôle G	Contrôle OP	Contrôle CA
Score de précision du DC	Coefficient de corrélation	-.56**	-.37**	-.35**
	Seuil de signification (test bilatéral)	> .001	.002	.004
	N	41	41	41
Jugement d'exactitude	Coefficient de corrélation	.13	-.07	.19
	Seuil de signification (test bilatéral)	.280	.609	.132
	N	40	40	40

** Corrélation significative avec p < .01 (test bilatéral).

Tableau 4.10. Corrélations entre les mesures du degré de certitude (DC) et de la performance de contrôle.

La différence entre ces deux mesures d'association peut selon nous avoir deux causes conjointes. D'une part, le score de précision du contrôle de Nietfeld et Schraw est bâti sur une analyse item par item, alors que celui de Bouffard et de Vezeau et al. est calculé sur base de totaux contrastés (réussite/échec). D'autre part, nous constatons un déséquilibre important du nombre d'items menés avec et sans succès chez bon nombre des sujets. Par exemple, 9 sujets réussissent 11 items sur 12, ce qui signifie que le calcul de la moyenne du degré de certitude sur les erreurs non correctement détectées n'est basé que sur un seul item. Le poids accordé à cet item dans la constitution du score peut alors générer un biais important. Quoiqu'il en soit, la mesure de Nietfeld et Schraw semble la plus précise pour révéler une mesure d'efficacité des deux types de la stratégie de contrôle.

4.9.3. Sous-estimation et surestimation

Qu'en est-il de la variable de distorsion du degré de certitude (Nietfeld & Schraw, 2002) ? Nous ne pouvions mener d'analyses directes à partir de cette mesure puisque nous retrouvons un score de distorsion autant à l'extrême négatif (-1 = sous-estimation) qu'à l'extrême positif

(1 = surestimation). Par contre, cette variable nous permet d'informer si les manques de précision de la mesure de Nietfeld et Shraw (2002) sont plutôt relatifs à une sous-estimation ou à une surestimation.

A cette fin, nous avons divisé la variable de distorsion en deux parties (sous-échantillons). Dans la première, nous n'avons retenu que les scores négatifs, et avons donc obtenu un score du degré de sous-estimation de la certitude (0 = évaluation parfaite, -1 = évaluation très sous-estimée). Dans la deuxième, seuls les scores positifs ont été considérés, ce qui nous a permis d'obtenir un score du degré de surestimation de la certitude (1 = évaluation très surestimée).

Le nombre de sujets apparaît relativement similaire sur les deux variables (cf. tableau 4.11), ce qui signifie qu'approximativement autant de sujets se surestiment (n = 21) et se sous-estiment (n = 20). Ce résultat contredit les études rapportées par Paris et Winograd (1990, cf. section 5.1 du chapitre 3), qui constataient une tendance forte des élèves à la surestimation. De plus, il apparaît que les niveaux moyens de ces deux types de distorsion sont relativement proches (M = .19 pour la surestimation, et M = -.16 pour la sous-estimation). La comparaison des scores en valeur absolue des deux variables au test de Mann-Whitney indique une absence de différence significative entre les niveaux de réussite (p = .69, N = 41), ce qui indique que la sévérité moyenne de la distorsion est très proche pour les deux mesures. Les deux scores ont une distribution très homogène, même si le degré de surestimation (K = 3.63) est légèrement plus hétérogène que le degré de sous-estimation (K = 4.73). Ces analyses non prévues au départ de l'étude laissent apparaître des observations intéressantes que nous reprendrons dans la discussion des résultats de cette recherche et lors d'études ultérieures.

	Degré de Surestimation	Degré de sous-estimation
N	21	20
Moyenne	.19	-.16
Voussure (K)	3.63	4.73
Minimum	.028	-.50
Maximum	.81	-.03

Tableau 4.11. Données descriptives sur les deux types de distorsion.

4.9.4. Concordance des mesures indicielles et comportementales

Comme nous l'avions observé pour les scores de performance, peu de relations sont significatives entre les différents scores liés au degré de certitude et les mesures comportementales du contrôle (cf. tableau 4.12).

Rho de Spearman		Score de distorsion du DC	Score de précision du DC	Jugement d'exactitude
Temps total	r_s	.06	.11	.16
	p (test bilatéral)	.712	.492	.335
	N	42	41	40
Retours énoncé	r_s	.01	.13	.16
	p (test bilatéral)	.978	.412	.334
	N	42	41	40
Retours étape précédente	r_s	.02	-.02	.17
	p (test bilatéral)	.908	.887	.298
	N	42	41	40
Persévérance contrôle OP	r_s	.09	.14	-.13
	p (test bilatéral)	.563	.386	.442
	N	42	41	40
Vérifications calculs	r_s	-.52**	-.24	.16
	p (test bilatéral)	> .001	.126	.338
	N	42	41	40
Vérifications nécessaires CA	r_s	-.68**	-.39*	.37*
	p (test bilatéral)	> .001	.031	.018
	N	42	41	40
Persévérance vérifications CA	r_s	-.27	-.27	.26
	p (test bilatéral)	.096	.099	.111
	N	40	39	38

** Corrélation significative avec p < .01 (test bilatéral).
* Corrélation significative avec p < .05 (test bilatéral).

Tableau 4.12. Corrélations entre les mesures comportementales et du degré de certitude (DC).

Seule la vérification nécessaire des calculs est corrélée à l'ensemble des mesures relatives au degré de certitude. Parmi ces relations, c'est le score de distorsion qui est le plus intensément corrélé ($r_s = -.68$, $p < .001$, $N = 42$), et il est également relié au nombre de vérifications des calculs effectuées ($r_s = -.52$, $p < .001$, $N = 42$). En divisant la variable de distorsion en scores positifs et négatifs (cf. section précédente), nous constatons également des liens significatifs entre degré de surestimation et fréquence de contrôle des calculs ($r_s = -.53$, $p = .013$, $N = 21$). La même intensité de relation est observée quant à la mesure de sous-estimation ($r_s = -.56$, $p = .010$, $N = 20$). Ces résultats mettent en évidence que plus l'enfant se sous-estime, plus il vérifie les résultats des calculs réalisés. A l'inverse, plus il se surestime, moins il a tendance à effectuer ce type de contrôle. L'ensemble des mesures comportementales générales ou relatives au contrôle des opérations ne sont pas corrélées aux scores relatifs au degré de certitude. N'étant reliées ni aux scores de performance de contrôle, ni aux mesures indicielles du contrôle, les mesures comportementales obtenues paraissent d'une fiabilité douteuse quant à l'efficacité de la stratégie de contrôle.

5. Discussion

De nombreuses et diverses questions de recherche étaient adressées dans cette étude centrale de notre dissertation. Des réponses ont été apportées, confirmant de manière générale nos hypothèses, mais fournissant aussi des résultats inattendus, que nous discutons dans cette section. Comme nous l'avons décrit en introduction, une part de ces réponses concerne les lacunes ou contradictions présentes dans la littérature actuelle et qu'il convenait d'informer. Une autre part consiste en l'évaluation de points théoriques particuliers faisant référence aux mécanismes d'autorégulation. Enfin une troisième part vise l'évaluation de diverses mesures empiriques de la stratégie de contrôle. Nous traitons successivement de ces trois types d'informations.

5.1. Quant aux lacunes et contradictions de la littérature

Il apparaît tout d'abord quant *au niveau développemental*, et en référence à nos situations problèmes, que la stratégie de détermination du but est massivement acquise, que celle de contrôle est majoritairement réussie, et que celle de planification pose encore des difficultés aux enfants de cinquième primaire de notre échantillon. L'acquisition de la stratégie de détermination du but est un résultat attendu, étant donné que la structure même des problèmes que nous avons choisis – les problèmes fermés – contient la caractéristique de la clarté de la demande. De plus, nous n'avons ici récolté de données que sur la représentation du but, plus restreinte que la

représentation de la tâche, souvent décrite dans les modèles des résolutions de problèmes (cf. chapitre 3, section 3.2.1). Enfin, comme nous en reparlerons dans notre discussion finale, la mesure ici obtenue en est une de la capacité de l'enfant à utiliser cette stratégie. Nous supposons que l'utilisation spontanée de cette stratégie en situation naturelle peut être réalisée de manière non systématique par certains enfants. Dans ce cas, le déficit n'en est pas un de capacité, mais d'activation en cours de tâche.

La stratégie de contrôle est réussie de manière satisfaisante par les élèves. Toutefois, il est étonnant de constater que beaucoup d'enfants qui maîtrisent les connaissances disciplinaires de base nécessaires à la résolution ne parviennent pas à détecter toutes les erreurs avec succès. C'est dès lors l'efficacité des comportements de contrôle qui pose problème selon nous (cf. section 5.3). La stratégie de planification est par contre réussie en dessous de nos attentes. Un palier moyen de réussite de planification à deux étapes apparaît en effet très faible, alors que l'acquisition d'un niveau de base suffisant a été démontrée. Nous avons de plus constaté que cette stratégie est celle qui démontrait le plus de variété interindividuelle. L'ensemble de ces résultats ne sont cependant valables que pour les sujets de notre échantillon. Des études complémentaires devraient être menées avec des échantillons beaucoup plus larges pour attester des capacités autorégulatrices réelles des enfants de cet âge.

Bien entendu, l'intérêt central de ces stratégies est l'hypothèse de leur *lien à la performance scolaire*. Nos résultats semblent dans l'ensemble corroborer les études précédentes, et indiquent des relations positives entre ces deux types de variables. Cependant, contrairement à la majorité des études menées auparavant, nous avons la chance de détenir des mesures différenciées selon les différentes stratégies, au cours d'une même épreuve. Ces résultats nous ont permis de constater un lien significativement plus appuyé à partir de la planification que vis-à-vis de la stratégie de contrôle.

Ce résultat a pu être affiné par l'analyse des sous-stratégies de contrôle. Celle-ci a souligné qu'un lien significatif était observé quant au contrôle des opérations, mais pas quant à la vérification des résultats arithmétiques. Il est bien entendu possible que ce type de contrôle soit peu influent sur la performance scolaire, mais nous estimons cette hypothèse relativement peu probable. Cette différence pourrait plutôt être expliquée par un biais, que nous avons appelé « biais de la calculatrice ». Il réside dans le fait que l'épreuve de performance scolaire est menée sans l'utilisation d'une calculatrice, alors que celle de contrôle permet son utilisation. Ce choix avait été posé en vue d'une part de réduire le temps de passation de l'épreuve, et d'autre part pour contrôler l'influence des connaissances disciplinaires de base relatives aux calculs arithmétiques.

Nous avons cependant souligné dans notre troisième chapitre que tout travail de traitement exige l'occupation d'un espace déterminé et spécifique en mémoire de travail. L'exécution de procédures de calculs mentaux ou écrits consiste en un traitement des informations plus lourd (surtout lorsqu'il n'est pas encore automatisé) que celui exigé par l'utilisation « technique » d'une calculatrice. Nous avions également constaté qu'un traitement cognitif trop lourd conduit à un risque important de générer des erreurs. Il est donc possible que l'application des procédures mentales ou écrites génère plus d'erreurs que l'utilisation plus simple et plus fiable de la calculatrice. L'absence de corrélation significative pourrait être due en partie à cette différence de condition entre les deux épreuves, et donc à une différence de charge cognitive exigée.

Le résultat d'une corrélation modérée (et surtout moindre par rapport à la planification) entre le score global de contrôle et la performance scolaire n'est en soi pas étonnant étant donné le constat que nous avions posé au chapitre 3 (section 4), essentiellement dans le domaine de la langue maternelle. Toutefois, la dysharmonie entre les deux sous-stratégies de contrôle pose question, et il se pourrait qu'avec une mesure de la vérification des résultats arithmétiques non biaisée sur ce point, l'intensité de la corrélation entre contrôle et performance devienne plus élevée. Des études ultérieures doivent selon nous vérifier cette hypothèse.

5.2. Quant à la structure théorique des mécanismes autorégulateurs

Notre étude a également permis d'évaluer deux points particuliers de la structure théorique des mécanismes autorégulateurs : l'estimation de l'intérêt d'une distinction empirique des différentes stratégies et la compréhension de l'utilité des stratégies d'autorégulation dans la gestion de la complexité des tâches de résolution de problèmes.

En rapport avec la première de ces deux questions, il apparaît que les *stratégies* de planification et de contrôle sont positivement, significativement et modérément reliées. Ce résultat laisse bien sûr apparaître que ces stratégies sont liées entre elles, mais aussi qu'elles sont clairement *distinctes* l'une de l'autre. Bien plus, il apparaît que les deux sous-stratégies de contrôle ne sont pas corrélées entre elles, ce qui laisse sous-entendre que, si elles participent à la même entreprise, elles fonctionnent relativement indépendamment l'une de l'autre. Cette hypothèse est confortée par l'observation de résultats significativement différents entre ces deux types de sous-stratégies dans leur lien à diverses variables (performance scolaire, mesures comportementales de contrôle, …). Cependant, puisqu'il est possible que le biais de la calculatrice ait eu une influence sur le score de vérification des résultats arithmétiques, des analyses sans ce biais devraient être menées lors d'une étude complémentaire pour confirmer ou non ce lien. Dans l'état actuel, les

résultats induisent l'importance du traitement séparé de ces stratégies et sous-stratégies, autant en termes méthodologiques que de pratiques (cf. discussion finale).

Nous regrettons bien entendu de n'avoir pu mener de mesure d'association entre les diverses stratégies et celle de la détermination du but, étant donné qu'elle constitue un point de référence capital pour les autres stratégies, et particulièrement celle de planification. Le niveau d'acquisition observé ne signifie bien entendu pas l'absence d'impact sur la performance scolaire ou relative aux autres stratégies. Il est probable qu'avec des élèves plus jeunes ou dans des situations moins précises (problèmes ouverts par exemple), plus de variations seraient observées et que les liens apparaîtraient vis-à-vis de diverses autres variables.

En rapport avec la seconde question d'intérêt théorique, notre étude informe l'évolution de la performance des variables de contrôle en fonction de *l'augmentation de la complexité* des problèmes. Comme attendu la détermination du but n'est pas influencée par ce facteur. Cependant, la planification en semble dépendante de manière plus précipitée que nous ne le supposions. Bien plus, contrairement à notre hypothèse, les stratégies de contrôle sont observées comme non dépendantes de la complexité. Il apparaît en effet que les niveaux de performance ne varient pas en fonction de l'augmentation de celle-ci, quant au score global de contrôle, mais également quant à celui relatif aux deux sous-stratégies. Les implications de ce constat sont très importantes en terme de pratiques, dans la gestion des limites spatiales de la mémoire de travail. Il a été décrit dans le chapitre 3 (section 2.2) que l'augmentation du nombre d'interactions entre les données, et par conséquent le nombre d'étapes de résolution, entraînait une charge cognitive trop lourde à gérer en une seule vague. Nous avons également expliqué que les stratégies d'autorégulation pouvaient vraisemblablement agir sur cette complexité en permettant une segmentation de l'activité, et que le contrôle constituait à ce niveau un pivot important dans la circularité des mécanismes de l'autorégulation. Cette stratégie apporte en effet des informations sur l'état du problème, qui créent des opportunités de réajustement, par la stratégie de régulation. L'absence de sensibilité du contrôle à l'augmentation de la complexité confirme cette possibilité. Devant leur faiblesse moyenne de planification, les élèves de cinquième primaire peuvent en effet mettre en œuvre des boucles d'autorégulation plus courtes, en favorisant davantage de moments périodiques de contrôle et donc de réajustement.

5.3. Quant à la mesure de la stratégie de contrôle

Une grande partie des analyses s'est attachée à l'analyse des *mesures comportementales et indicielles* de la stratégie de contrôle. La cohérence entre les deux scores de précision établis sur

base du degré de certitude fourni par l'élève a été soulignée par la relation significative observée entre ces deux scores. Il est cependant apparu que l'indice de Nietfeld et Schraw (2002) est relié significativement et intensément à la performance à l'épreuve de contrôle, tandis que celui de Vezeau et al. (1997) et de Bouffard (1998) ne démontre pas une telle relation que vis-à-vis des élèves s'évaluant avec le plus de précision. Cette différence, qui s'explique méthodologiquement (cf. section 4.9.2), laisse supposer que l'indice Nietfeld et Schraw est plus approprié pour révéler l'efficacité de la stratégie de contrôle. Bien plus, l'intensité de la co-variation observée atteste qu'elle est une évaluation fiable de la capacité relative à la stratégie de contrôle. Une reproduction de ces analyses devrait cependant être menée lors d'une autre étude, afin d'évaluer si les résultats sont convergents.

Nous avons décrit que la *mesure de distorsion* du degré de certitude ne permet pas d'obtenir une mesure directe du contrôle de l'enfant, mais qu'elle indique la valence de ce manque de précision. Les résultats concernant cette variable laissent apparaître qu'un nombre similaire d'enfants se sous-estiment et surestiment, et que la sévérité de la distorsion reste très proche quelle qu'en soit la valence. Ce fait contredit les résultats d'études précédentes (voir notamment Paris & Winograd, 1990, cf. chapitre 4, section 5.1), qui constataient une tendance marquée de surestimation des élèves dans le domaine de la mémoire. Des données supplémentaires sont donc nécessaires pour informer cette question.

Les mesures des *manifestations comportementales* de la stratégie de contrôle ne sont généralement pas, dans notre étude, reliées significativement au score de performance de cette stratégie et aux mesures relatives au degré de certitude.

Ces résultats doivent cependant être différenciés en fonction des sous-stratégies du contrôle. L'ensemble des *mesures comportementales relatives au contrôle des opérations* ne sont significativement reliées ni au score de performance globale de contrôle, ni à celui plus spécifique du contrôle des opérations, ni aux mesures du degré de certitude. Bien plus, la mesure du temps total passé sur l'épreuve est corrélée significativement, mais négativement, à cette performance spécifique. Plus l'élève passe de temps à contrôler les problèmes, plus il a de chances d'échouer aux items concernés. Nous observons d'ailleurs que l'ensemble de ces relations, bien que non significatives, sont de tendance négative.

En termes méthodologiques, les relations observées peuvent être précipitées par une des caractéristiques de nos tâches de détection d'erreurs : le fait que la consigne stipule qu'il existe toujours une erreur (et une seule) dans les problèmes présentés. L'enfant cherche donc jusqu'à ce

qu'il ait trouvé une erreur, contrairement sans doute à ce qu'il ferait en situation naturelle. Dès lors, l'élève menant un contrôle efficace risque plus facilement de trouver rapidement l'erreur insérée dans le problème, et donc obtient une performance positive avec un minimum de mouvements de contrôle. A l'inverse, certains élèves s'embrouillent dans l'organisation de leur contrôle, mais, conscients de l'existence d'une erreur qu'ils ne parviennent pas à découvrir, ils réalisent plus de ce type de mouvements, tout en pouvant finir par ne pas détecter l'erreur concernée.

A l'inverse du contrôle des opérations, les *scores comportementaux relatifs à la vérification des résultats arithmétiques* démontrent des relations plus consistantes à la performance de contrôle et aux mesures du degré de certitude. Deux des trois variables établies à ce propos sont en effet corrélées autant au score spécifique de cette sous-stratégie qu'aux mesures du degré de certitude. L'absence de relation significative concernant la troisième de ces variables (persévérance du contrôle des calculs) peut être précipitée ou expliquée en partie par la possibilité d'utilisation de la calculatrice. Il est en effet plausible d'imaginer que l'enfant accorde une plus grande fiabilité au résultat donné par une calculatrice que celui obtenu par une procédure mentale ou écrite de contrôle. Estimant le résultat certain, il serait dès lors logique qu'il ne vérifie pas une deuxième fois le calcul contrôlé.

De manière plus générale, la possibilité d'utiliser une calculatrice en cours de tâche risque d'influencer le comportement de contrôle de l'enfant. En situation naturelle, l'enfant ne dispose habituellement pas de calculatrice. Il organise donc son contrôle sachant le poids cognitif de chaque type de contrôle (opérations et calculs). Muni de sa calculatrice, et sachant que l'application d'une procédure de vérification des résultats arithmétiques est dès lors moins coûteuse et plus facilement certaine, il peut par exemple s'attacher dans un premier temps à ce contrôle plus fiable et moins lourd cognitivement (plus « technique » dirions-nous). Des données supprimant l'effet possible de ce biais sont indispensables pour informer cette question.

6. Conclusion

Cette étude a permis de documenter bon nombre de questions soulevées par la littérature sur les mécanismes autorégulateurs. Quant à l'état du développement des diverses stratégies, nous avons pu mettre en évidence que les niveaux d'acquisition dépendent très largement de la stratégie concernée. Nous avons constaté que la planification est encore très limitée, au contraire de la détermination du but. Nous avons également souligné que le contrôle est réussi majoritairement, mais que ce taux de réussite montre les lacunes subsistantes (puisqu'un contrôle efficace devrait

permettre de détecter toutes les erreurs). Nous avons enfin observé que les deux sous-stratégies sont réussies dans des proportions relativement similaires. Ces résultats ne sont cependant valables que pour les élèves de notre échantillon.

Les stratégies se sont vues confirmées dans leur rôle positif vis-à-vis de la performance scolaire en résolution de problèmes arithmétiques. Il est toutefois apparu des questionnements quant à la possibilité de l'influence de certains biais, notamment relatifs à l'utilisation de la calculatrice, qui nous laissent dans l'incertitude quant à l'intensité des relations envers les différentes stratégies. Dans l'état actuel, il apparaît, conformément à notre revue de littérature, que la planification est reliée de manière plus consistante à la performance que le contrôle. Bien plus, c'est le contrôle des opérations qui semble le plus influent. Ces résultats doivent cependant être confirmés par des études menées sans ces biais.

Quant à la structure théorique des processus de l'autorégulation, les résultats sur les liens entre les diverses stratégies nous ont permis de constater que les stratégies peuvent fonctionner de manière partiellement différente, bien qu'elles soient généralement reliées entre elles. Il est particulièrement apparu que l'efficacité des deux sous-stratégies de contrôle semble relativement indépendante, bien que cette observation doive être confirmée dans une étude menée sans le biais de la calculatrice décrit dans la section précédente.

En termes théoriques, les résultats sont également fort intéressants quant au rôle de gestion cognitive de la complexité réalisé par les processus autorégulateurs. L'évolution des niveaux de performance de chaque stratégie en fonction de la complexité du problème semble différente d'une stratégie à l'autre. De manière particulièrement intéressante, il apparaît que la stratégie de contrôle et ses deux sous-composants sont insensibles à l'augmentation de la complexité. Cette observation permet de mieux comprendre comment se réalise ce rôle de gestion, et ouvre dès lors des pistes pour aider l'enfant à apprendre à mettre en œuvre de manière optimale le processus d'autorégulation (cf. chapitre 7).

Notre étude a également permis d'analyser la relation entre diverses mesures indicielles du contrôle calculées à partir du degré de certitude fourni par l'enfant, et l'efficacité du contrôle effectué par l'enfant. Il est apparu que ces relations variaient selon les mesures, et que celle proposée par Nietfeld et Schraw (2002) semble la plus fiable à la fois théoriquement (calcul de rapport à la performance par item) et empiriquement (corrélation à la performance de contrôle).

Enfin, l'analyse des manifestations comportementales de contrôle a souligné une différence marquée entre les aspects relatifs aux deux sous-stratégies. Il apparaît que le nombre de contrôles

des opérations n'est pas lié à l'efficacité (et donc à la performance) de cette stratégie. Nous avons dès lors proposé, à l'instar de divers auteurs (cf. section précédente), la distinction entre comportements appropriés et inappropriés de contrôle. Bien plus, nous avons émis l'hypothèse que c'est l'organisation du contrôle qui est le garant de son efficacité, et que les critères positifs doivent encore en être fixés. A l'inverse, l'efficacité de la vérification des résultats arithmétiques est globalement liée de manière significative au nombre de contrôles effectués. Certaines réserves existent cependant à cause de la présence de certains biais, et des études complémentaires permettront d'informer certains doutes subsistants.

Chapitre 5 : Etude 3

1. Introduction

La stratégie de contrôle est certainement la plus complexe et la plus discutée des stratégies d'autorégulation (Focant & Grégoire, à paraître). A cette fin, notre dissertation théorique a tenté de clarifier le concept et ses composants, et surtout notre étude 2 s'est attachée à de plus nombreuses analyses sur cette stratégie que sur celle de détermination du but et de planification.

Une revue de littérature nous a permis de mettre en évidence que la stratégie de contrôle est celle dont les résultats sont les plus contradictoires quant à la relation à la performance scolaire (chapitre 3, section 4). Les résultats de notre deuxième étude ont ensuite mis en évidence une co-variation plus faible entre contrôle et performance qu'entre planification et performance. Mais c'est surtout la dysharmonie de cette association à la performance scolaire pour les deux sous-stratégies de contrôle étudiées qui a retenu notre attention.

Conernant la structure de la stratégie de contrôle, nous avons décrit que cette stratégie s'applique par le biais de diverses sous-stratégies, que nous avons adaptées au contexte de la résolution de problèmes arithmétiques (chapitre 3, section 3.3.1). Bien plus, certaines de ces sous-stratégies se décomposent elles-mêmes en plusieurs sous-processus. Les résultats observés dans l'étude 2 ont par exemple permis d'appuyer que la distinction des stratégies de vérification des résultats arithmétiques et de contrôle des opérations était fondée empiriquement.

Concernant le processus de contrôle, il est apparu dans la même étude que les manifestations comportementales qui rendent le contrôle efficace ne se laissent pas appréhender facilement. Comme l'avaient observé précédemment Bouffard (1998) et Ferrari et al. (1998), nous avons constaté que le *nombre* d'actions de contrôle n'est pas toujours garant de son efficacité. Plus précisément, la majorité des mesures comportementales relatives au contrôle des résultats arithmétiques s'est révélée significativement corrélée à la performance de contrôle globale et spécifique, à l'inverse des scores relevant du contrôle des opérations.

Cependant, les résultats obtenus dans l'ensemble de cette deuxième étude peuvent avoir été influencés par un biais que nous avons appelé « biais de la calculatrice ». Essentiellement, l'utilisation d'une calculatrice durant l'épreuve de contrôle pourrait avoir une incidence à la fois sur le score de performance de la sous-stratégie de vérification des résultats, et sur l'organisation même du contrôle mis en œuvre durant l'épreuve de détection (influant dès lors sur l'ensemble des mesures comportementales).

Il a été proposé que ce biais est lié à la fois à des questions de fiabilité du calcul réalisé dès la première procédure menée (le résultat obtenu par l'utilisation d'une calculatrice paraît plus fiable que celui obtenu par des procédures mentales ou écrites, ne générant pas de recontrôle du premier résultat obtenu), et de facilitation par la diminution de la charge cognitive de l'activité (suppression de la charge cognitive de la conduite de procédures arithmétiques écrites ou mentales au profit d'une charge plus légère). Si la variable de contrôle a été réellement influencée par ce facteur, les analyses liant cette stratégie et la performance académique, celles concernant les liens entre les deux sous-stratégies (corrélations et niveaux de réussite), et l'étude des liens entre manifestations comportementales de vérification des résultats et efficacité sur cette sous-stratégie pourraient être faussées plus ou moins largement.

L'étude décrite dans ce cinquième chapitre visait la vérification de la question de l'influence réelle de ce biais, en reproduisant le même type de méthodologie, mais en supprimant le recours possible à la calculatrice (cf. méthode, section 3). Cette vérification permet d'une part d'évaluer la validité des observations de l'étude 2 par la suppression d'un de ses biais majeurs, et donc de confirmer ou non les résultats obtenus. D'autre part, elle informe la question de l'impact de la différence de charge cognitive liée à l'utilisation de procédures arithmétiques de calcul ou de procédures techniques liées à la calculatrice : existe-t-il une influence de ce facteur quant aux actions de contrôle mises en œuvre et quant à la réussite de l'épreuve liée plus spécifiquement à la vérification des résultats arithmétique ? Si les résultats divergent notablement de ceux obtenus dans l'étude 2, nous supposerons l'impact de ce facteur et tenterons de le préciser.

Cette étude met également en œuvre un contrôle, plus strict que dans l'étude précédente, des connaissances disciplinaires nécessaires aux résolutions et aux détections d'erreurs. Cette garantie supplémentaire, rarement menée avec autant de précision, permet d'obtenir des résultats plus transparents quant à cette influence potentielle.

A un autre niveau, certains résultats obtenus dans l'étude 2, relatifs aux mesures indicielles basées sur le degré de certitude, appellent une confirmation empirique avec de nouvelles données. D'une part, les analyses qui s'attachent à la comparaison du nombre de sujets sous-estimant et surestimant leur réussite de contrôle ont montré des résultats contradictoires avec la littérature existante. Paris et Winograd (1990) rapportent en effet diverses études montrant que davantage de sujets surestiment leur performance, alors que nos propres données ont montré un nombre similaire d'enfants sur les deux versants de la distorsion. Les analyses réalisées sur une nouvelle vague de données fourniront des informations complémentaires à ce propos. D'autre part, les analyses qui concernent l'évaluation de la pertinence des scores de précision du degré de

certitude ont montré la fiabilité bien plus importante de la mesure de Nietfeld et Schraw (2002), par rapport à celle proposée par Bouffard (1998) et Vezeau et al. (1997). Cette analyse novatrice doit selon nous être reproduite avec de nouvelles données afin de pouvoir l'appuyer avec plus de vigueur.

2. Questions de recherche et hypothèses

La première question de recherche évalue dans quelle mesure les données obtenues dans cette étude (avec la suppression du biais de la calculatrice) permettent de confirmer les résultats de l'étude 2 quant aux scores de réussite obtenus par les élèves à l'épreuve de contrôle, et aux sous-épreuves qui la composent. Les hypothèses sont les suivantes :

1. la stratégie de contrôle (score global et sous-scores) est associée de manière significative et de manière plus intense qu'observée dans l'étude 2 avec la mesure de performance scolaire[9] ;
2. les sous-stratégies de contrôle des opérations et de vérification des résultats arithmétiques sont réussies en moyenne de manière semblable par les enfants de notre échantillon (conformément aux résultats de l'étude 2) ;
3. les deux sous-stratégies de contrôle sont non associées significativement (conformément aux résultats de l'étude 2).

La deuxième question de recherche évalue dans quelle mesure la différence de charge cognitive de la vérification des calculs (générée par la suppression du recours à une calculatrice) engendre des actions de contrôle différentes, modifiant les mesures d'association entre performance de contrôle et mesures comportementales. Supposant que ces patterns de contrôle ne varient que de manière infime, nous posons les hypothèses suivantes :

4. les mesures comportementales de vérification de calculs sont majoritairement associées à la mesure spécifique de cette sous-stratégie (conformément aux résultats de l'étude 2) ;
5. les liens entre la performance en contrôle des opérations et les mesures comportementales relatives à cette sous-stratégie sont non significatifs (conformément aux résultats de l'étude 2).

[9] Nous supposons en effet que le biais de la calculatrice, déterminant des conditions différentes dans les épreuves de contrôle et de performance scolaire, a diminué la covariation réelle des scores de ces deux épreuves dans l'étude 2.

La troisième question de recherche étudie si les résultats obtenus dans l'étude 2 quant à l'analyse des mesures indicielles de contrôle (sur base du degré de certitude) sont confirmés. Dans ce sens, nous posons les hypothèses suivantes :

6. l'indice de précision du degré de certitude de Nietfeld et Schraw (2002) est intensément et significativement relié à la performance de contrôle (score global) et l'indice de Bouffard (1998) et de Vezeau et al. (1997) n'est pas associé significativement à cette même variable (conformément aux résultats de l'étude 2) ;
7. le nombre d'enfants se sous-estimant et se surestimant est relativement identique (conformément aux résultats de l'étude 2).

Toutes ces hypothèses s'entendent avec l'assurance de la maîtrise des connaissances disciplinaires nécessaires aux différentes épreuves par tous les élèves de l'échantillon (cf. sections 4.1 et 4.2).

3. Méthode

3.1. Epreuves

Trois épreuves ont été soumises aux sujets de notre échantillon. La première épreuve était la mesure standardisée de performance scolaire en résolution de problèmes verbaux arithmétiques présentée dans notre premier chapitre (cf. annexe 2). Elle permettait donc à nouveau l'obtention d'un score variant sur quatre points (0 à 3).

La deuxième épreuve était une tâche de détection d'erreurs semblable à celle utilisée dans l'étude 2 (cf. fichier annexé sur cd-rom). Deux affinements avaient cependant été réalisés. D'une part, un compteur figurant sur l'écran indiquait le numéro de passage sur la carte graphique en cours (premier, deuxième, troisième, …). Etant donné les aller-retours possibles entre les différentes cartes graphiques, ce compteur nous permettait de pouvoir localiser précisément tout commentaire émis par l'expérimentateur. D'autre part, une commande utilisée par l'expérimentateur permettait d'envoyer un signal au logiciel pour la localisation des calculs réalisés par l'enfant (sur quelle carte le calcul numéro 1 est-il effectué ? à quel moment du passage sur la carte débute-il ? à quel moment finit-il ?). Ce signal consistait en l'appui sur une touche d'un pavé numérique (clavier chiffré annexé à l'ordinateur), générant l'enregistrement de la mesure de temps au début et à la fin de chaque calcul réalisé par l'enfant. Nous avons ainsi pu mesurer combien de temps l'enfant passait sur chaque calcul, et déterminer à quel moment du passage sur la carte il l'effectuait.

Suite au biais décrit précédemment, il était demandé à l'enfant de réaliser tout calcul selon la procédure écrite habituelle dans sa classe. Aucune calculatrice n'était bien entendu disponible, suite au biais potentiel décrit supra. Le choix de la demande de réaliser les calculs selon une procédure écrite s'explique d'une part par la volonté de pouvoir observer clairement toute procédure de calcul mise en œuvre par l'enfant (contrairement aux procédures de calcul mental), et d'autre part par l'observation, lors des essais des épreuves, que ce type de procédure permettait les réponses les plus fiables par rapport au calcul mental et au calcul en décomposition[10].

Dans cette même perspective, notre épreuve suscitait un contrôle empirique des calculs. Pour rappel, nous avons décrit dans notre troisième chapitre (section 3.3.2) l'existence d'un contrôle empirique (refaire un calcul, utiliser une preuve arithmétique) et d'un contrôle logique (évaluation du caractère plausible de la réponse par l'application de procédures déductives) des calculs. Le contrôle empirique nécessite généralement des traces écrites et est donc facilement observable, tandis que le contrôle logique est réalisé par un processus mental non directement visible. Nous avions dès lors établi des calculs répondant à certaines règles précises de plausibilité, afin de susciter uniquement des contrôles empiriques. Les erreurs ne variaient que très peu par rapport à la solution exacte, et par exemple, aucun résultat de soustraction n'était supérieur au premier terme du calcul.

Toute procédure de calcul mentale ou écrite exige bien entendu un temps beaucoup plus long que l'utilisation d'une procédure par calculatrice. Une réduction du nombre d'items s'est avérée indispensable pour une question de faisabilité de l'étude et des capacités de concentration de l'enfant. Souhaitant que cette épreuve en passation individuelle ne dépasse pas une période de cours, une épreuve de 6 items a été élaborée. Deux items exemples étaient soumis au départ de l'épreuve pour être certain de la bonne compréhension de l'enfant, et pour lui donner l'habitude de fonctionner avec le fichier programmé. Quatre items cotés se répartissaient selon les deux types d'erreurs déjà utilisées dans l'étude précédente (deux items par type d'erreur). Etant donné ce nombre restreint d'items, nous avons programmé un seul niveau de complexité des problèmes (trois étapes). Ce choix a peu d'impact sur les diverses variables, étant donné le résultat observé dans l'étude précédente de la non influence du degré de complexité sur l'efficacité du contrôle effectué.

---

[10] Un exemple de calcul en décomposition serait de procéder, par écrit, comme suit 54 x 7 = (50 x 7) + (4 x 7) = 350 + 28 = 378.

Comme dans l'étude 2, un score de réussite globale a été établi, ainsi que deux sous-scores relatifs à chacun des types de contrôle, et le degré de certitude sur chaque problème a été obtenu de manière similaire à l'étude précédente. Les informations enregistrées par le logiciel, ainsi que celles obtenues par observation directe de l'expérimentateur et par analyse des productions écrites a posteriori, étaient relativement similaires à celles décrites dans le chapitre précédent. Comme nous l'avons décrit ci-dessus, les mesures relatives aux calculs sont cependant plus précises (traces écrites laissées par l'enfant, mais aussi mesure de temps global de chaque calcul et situation de ce calcul dans le temps de passage sur la carte). L'ensemble de ces indices ont permis de suivre « à la trace » le comportement de contrôle de l'enfant.

La troisième épreuve visait la mesure de la maîtrise des connaissances disciplinaires spécifiquement nécessaires aux épreuves de résolution (performance scolaire) et de détection (contrôle). Elle était semblable à celle utilisée dans l'étude 1 (cf. chapitre 1, section 4.2.2, et annexe 3), mais concernait essentiellement les items correspondant à l'ensemble des étapes de l'épreuve de contrôle (4 problèmes x 3 étapes = 12 items). Une sous-épreuve portait sur la réussite de production (et non de détection) des calculs écrits utilisés dans les deux épreuves. Une autre mesurait la capacité de l'enfant à traduire en opération arithmétique des énoncés courts. Douze items de chacun des deux types étaient donc proposés à l'enfant dans une épreuve collective, d'une durée approximative d'une période de cours.

3.2. Echantillon et procédure

Ces trois épreuves ont été menées avec 45 enfants de cinquième année (enseignement primaire ordinaire), fréquentant cinq écoles belges francophones, durant les mois de janvier et février 2002. Dans chaque école, neuf enfants ont été tirés au sort parmi la liste des élèves. Les écoles avaient été sélectionnées afin de présenter une diversité sur différents critères (cf. tableau 5.1). Les raisons de cette diversification ont été décrites dans le chapitre précédent (section 3.2) et ne sont donc pas reprises ici. Comme dans l'étude 2, les écoles devaient impérativement, pour être sélectionnées, mettre en place régulièrement ou occasionnellement des activités sur ordinateur, afin de garantir une compétence de base et une habitude de l'informatique nécessaires à l'épreuve de contrôle.

Dans chaque classe, la procédure a été menée comme suit. Les enfants étaient prévenus à l'avance de notre passage dans leur classe par l'enseignant, sans préciser plus avant quel serait l'objet de celui-ci. Une première heure de cours était consacrée à la présentation de

l'expérimentateur, à l'épreuve collective de performance en résolution de problèmes et au tirage au sort des neuf élèves vus individuellement par la suite.

Ecole	*Réseau*	*Milieu de vie*	*Milieu socio-économique*	*Province*
Ecole 1	Libre	Rural	Divers	Hainaut
Ecole 2	Communale	Citadin	Aisé	Brabant Wallon
Ecole 3	Libre	Rural	Aisé	Liège
Ecole 4	Communale	Rural	Ouvrier/agricole	Brabant Wallon
Ecole 5	Libre	Citadin	Ouvrier/agricole	Liège

Tableau 5.1 : Tableau croisé des caractéristiques des écoles visitées.

Après la vérification auprès de l'enseignant d'une absence de difficultés majeures dans la maîtrise du français et dans les connaissances disciplinaires arithmétiques, ces enfants ont été soumis à l'épreuve de contrôle individuellement et hors de la classe. La nouvelle version de cette épreuve exigeait une période de temps maximale équivalente à une heure de cours. Tout commentaire sur la réussite de l'épreuve était donné à l'enfant à la fin de l'épreuve, comme dans l'étude précédente (cf. chapitre 4, section 3.2).

4. Résultats

4.1. Résultats préliminaires

4.1.1. Analyses des niveaux de réussite liés aux connaissances disciplinaires

Nous présentons successivement les analyses par item sur l'ensemble des sujets, puis les analyses globales par sujet sur l'ensemble des items.

Le tableau 5.2 présente les proportions de réussite de l'ensemble des items concernant l'évaluation de la maîtrise des connaissances disciplinaires. Comme nous l'avions constaté dans l'étude 1, *l'analyse par item* montre que ces taux de réussite sont très élevés, variant de 80 à 100 % de réussite avec une moyenne de 91 % (moyenne des proportions de réussite = 0.91). Ces

résultats nous permettent de conclure que tous les items de cette épreuve semblent adéquats, puisque aucune chute de performance moyenne à un item n'est observée.

	V5CA1	***V5CA2***	***V5CA3***	***V5CA4***	***V5CA5***	***V5CA6***
N	44	44	44	44	44	44
Proportion de réussite	.89	.86	.84	.82	1.00	.91
	V5CA7	***V5CA8***	***V5CA9***	***V5CA10***	***V5CA11***	***V5CA12***
N	44	44	44	44	44	44
Proportion de réussite	.80	.86	.82	.89	.82	.93
	V5OP1	***V5OP2***	***V5OP3***	***V5OP4***	***V5OP5***	***V5OP6***
N	44	44	44	44	44	44
Proportion de réussite	.93	.98	.95	1.00	.80	1.00
	V5OP7	***V5OP8***	***V5OP9***	***V5OP10***	***V5OP11***	***V5OP12***
N	44	44	44	44	44	44
Proportion de réussite	.98	.93	.86	.98	1.00	.93

Tableau 5.2. Proportion de réussite des items liés à la maîtrise des connaissances disciplinaires.

Pour réaliser des *analyses par sujet*, trois variables de réussite des connaissances disciplinaires ont été obtenues, pour chaque sujet, par l'addition des scores à différents items. Le premier, qui constitue un score global de maîtrise des connaissances disciplinaires, est constitué par l'addition des 24 items de l'épreuve. Le deuxième est un score spécifique aux choix d'opérations, calculé par l'addition des 12 items relatifs à ce type de capacités arithmétiques. Le troisième, calculé par l'addition des 12 autres items, est un score spécifique à la réussite de réalisation de calculs. Quelques données descriptives sur ces variables sont présentées dans le tableau 5.3.

Il apparaît tout d'abord que les moyennes de réussite par sujet sont importantes, puisque, en moyenne, presque 22 items sont réussis sur 24 (90 % de réussite) pour le score global. Une différence apparaît entre les scores de réussite relatifs aux opérations (M = 11.34 sur 12 items, soit 95 % de réussite) ou aux calculs (M = 10.43 sur 12 items, soit 87 % de réussite). Cette différence est significative au *Wilcoxon Signed Ranks Test* (p = .003, N = 44), et l'analyse de l'ampleur de l'effet (*effect size*, cf. chapitre 1, section 4.3.1) nous permet de constater que l'intensité de cette différence en terme d'écart-type est modérée ($d_s = 0.57$). Malgré cette différence, les scores des deux sous-épreuves démontrent clairement une maîtrise moyenne plus que satisfaisante des deux types de connaissances disciplinaires. Le taux de réussite de l'épreuve

explique l'asymétrie et l'escarpement très importants de la distribution (surtout pour le contrôle des opérations), indiquant un regroupement massif vers la droite de la courbe des données.

	Connaissances G.	Connaissances OP	Connaissances CA
N	44	44	44
Moyenne	21.77	11.34	10.43
Maximum	24	12	12
Asymétrie	-1.13	-2.94	-1.46
Kurtose	.36	9.74	1.62

Tableau 5.3. Mesures descriptives des scores additionnés pour chaque (sous)stratégie.

Le fait que les épreuves des connaissances disciplinaires relatives aux opérations soient significativement mieux réussies que celles relatives aux calculs n'est pas étonnant, car notre méthodologie de l'épreuve de contrôle exigeait l'utilisation de calculs suffisamment complexes pour nécessiter l'application des procédures écrites et non de procédures mentales. Nous ne pouvions en effet observer la mise en œuvre d'un contrôle de calcul que si l'enfant appliquait une telle procédure.

En résumé, nous constatons la réussite massive des items de maîtrise des connaissances arithmétiques relatifs à nos épreuves. Nous constatons cependant une différence significative de la réussite de l'épreuve relative à la réalisation de calculs par rapport à celle liée au choix des opérations, au profit de cette dernière. Il est cependant important d'analyser de plus près les résultats de chaque enfant, afin de repérer ceux dont les connaissances disciplinaires sont insuffisantes. Ces sujets doivent en effet être retirés de l'échantillon pour les analyses comprenant les scores de contrôle, basés sur l'affirmation de la maîtrise des connaissances disciplinaires.

4.1.2. Définition de l'échantillon pour les analyses liées à la stratégie de contrôle

Les trois épreuves ont été soumises à 45 sujets. Un sujet a été supprimé de l'échantillon étant donné son absence lors l'épreuve des connaissances disciplinaires. Sans pouvoir attester avec certitude de sa maîtrise des connaissances disciplinaires, nous préférons prendre la précaution de

le retirer de l'échantillon pour nos analyses. De plus, les enfants se situant sous un taux de réussite de deux tiers des items de l'une des deux sous-échelles de l'épreuve de contrôle des connaissances disciplinaires sont également exclus de l'échantillon. En fonction des résultats observés dans le tableau 5.4, quatre sujets ont été supprimés pour l'épreuve liée à la réussite des calculs arithmétiques et deux pour l'épreuve liée au choix des opérations. Ces suppressions nous permettent de mener nos analyses ultérieures sur un échantillon de 38 sujets.

Score (maximum = 12)	Fréquence CA	Fréquence OP
5	**1**	**1**
6	**1**	**0**
7	**2**	**1**
8	3	0
9	2	1
10	6	5
11	16	4
12	13	32
Total	44	44

Tableau 5.4. Fréquences du nombre d'items réussis pour les épreuves des connaissances disciplinaires liées au choix des opérations (OP) et au calcul arithmétique (CA).

4.1.3. Analyse de la normalité de la distribution des variables

Comme le montre le tableau 5.5, les moyennes et les mesures d'asymétrie des deux variables liées aux connaissances disciplinaires (calculées sur base de l'échantillon diminué, cf. section précédente) sont très élevées. Il n'est dès lors pas étonnant de constater que le test de Kolmogorov-Smirnov démontre une distribution très significativement différente de la normalité.

De plus, les variables liées à la performance scolaire et au contrôle permettent d'établir des scores ne variant que sur 3, 4 ou 5 points. Elles ne peuvent donc en aucun cas être considérées comme des variables d'échelle, mais seulement comme des variables ordinales. L'utilisation de

tests non paramétriques est donc requise pour l'ensemble des analyses. Etant donné que notre échantillon ne comptabilise que 38 sujets, et que, nos scores de contrôle et de performance scolaire ne variant que sur 3 à 5 points, de nombreux ex aequo sont observés, l'utilisation de la statistique du tau-c paraît la plus adaptée lors des analyses corrélationnelles (cf. section 4.5 du chapitre 4).

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Asymétrie	Moyenne
	Statistique	Degré de liberté	Seuil de signification		
Connaissances OP	.46	38	> .001	-1.67	11.63
Connaissances CA	.29	38	> .001	-1.16	10.84

[a] avec correction de signification de Lilliefors

Tableau 5.5. Moyennes, asymétries et test de normalité des variables liées aux connaissances disciplinaires (N = 38).

4.2. Résultats concernant les niveaux de réussite des variables de contrôle (question 1)

4.2.1. Liens entre performance scolaire et contrôle

Les mesures d'association exposées dans le tableau 5.6 corroborent notre première hypothèse. Le coefficient de Kendall ($\tau = .48$, $p < .001$, $N = 38$) présente une corrélation significative et positive entre le score global de contrôle et la performance scolaire. Conformément à notre hypothèse, l'intensité de cette corrélation est plus importante qu'elle ne l'était dans l'étude 2, et son seuil de signification plus bas (pour rappel : $\tau = .30$, $p = .009$). Elle se rapproche fortement de l'intensité observée entre planification et performance scolaire dans notre étude précédente (pour rappel : $\tau = .53$, $p < .001$, $N = 42$).

La même amélioration de l'intensité et du seuil de signification est observée pour la relation entre la sous-stratégie de contrôle des opérations (*contrôle OP*) et la mesure de performance

scolaire. Celle-ci passe de $\tau = .32$ avec $p = .010$ ($N = 42$) dans l'étude 2 à $\tau = .59$ avec $p < .001$ ($N = 38$) dans l'étude présente.

Tau-c de Kendall	Contrôle G.	Contrôle OP	Contrôle CA
τ	.48**	.59**	.23
Seuil de signification	> .001	> .001	.077
N	38	38	38

** Corrélation significative avec $p < .01$ (test bilatéral).

Tableau 5.6. Coefficient de corrélation de Kendall entre scores de contrôle et de performance scolaire.

Le résultat le plus significatif est cependant lié à la relation concernant le score de vérification des résultats arithmétiques (*contrôle CA*). Nous avions constaté dans l'étude 2 une absence de corrélation significative concernant cette variable ($\tau = .11$, $p = 310$, $N = 42$), et c'est particulièrement ce résultat qui nous avait fait songer à l'influence du biais de la calculatrice. Nous observons ici la même absence de corrélation positive et significative, bien que le seuil de signification soit relativement proche de celui habituellement accepté ($\tau = .23$, $p = .077$, $N = 38$). La mesure de Kendall a la particularité d'être plus sévère que celle, plus courante, de Spearman. L'utilisation de rho permet d'ailleurs d'obtenir une relation significative et modérée ($r_s = .36$, $\rho = .029$, $N = 38$). Le graphique 5.1 nous permet également d'observer que les élèves obtenant un score maximal sur la variable de performance scolaire obtiennent massivement le score maximal sur celle de contrôle CA. En comparant les groupes des élèves obtenant un score maximal (2 items réussis sur 2, $n = 19$) à l'épreuve de contrôle CA et ceux obtenant une cote inférieure à celle-ci (0 ou 1 item réussi sur 2, $n = 19$), nous constatons d'ailleurs une différence significative sur la variable de performance scolaire (*Mann-Whitney test* : $p = .034$). De plus, l'intensité de cette différence est importante ($ds = 0{,}73$). Il reste cependant que nous nous attendions à une relation plus intense et plus significative quant à cette sous-stratégie. Si notre première hypothèse se trouve confirmée pour le score global de contrôle et pour celui de contrôle OP, et si la relation entre performance scolaire et contrôle CA évolue positivement lors de la suppression du biais de la calculatrice, la faiblesse de relation entre ces deux variables reste inattendue.

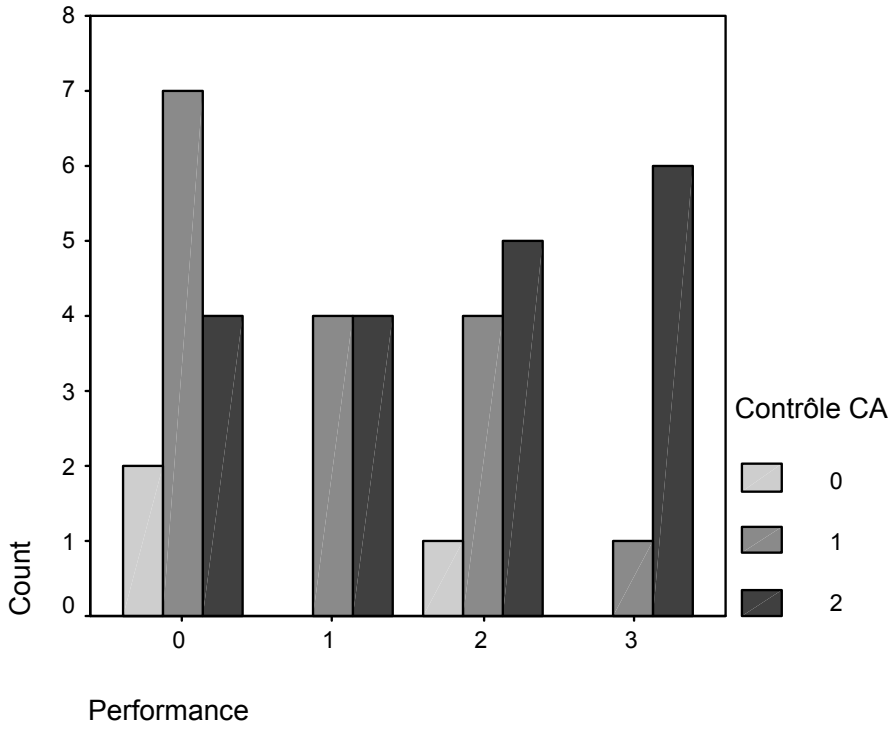

Figure 5.1. Graphe interactif des fréquences des scores de performance scolaire et de vérification des résultats arithmétiques.

4.2.2. Liens entre les sous-stratégies de contrôle et de leur réussite

Contrairement à notre deuxième hypothèse, nous observons une différence significative du niveau de réussite des items de contrôle liés aux choix d'opérations (contrôle OP) et de vérifications des résultats arithmétiques (contrôle CA), au profit de cette dernière ($p = .028$, $N = 38$). Nous constatons que la moyenne du contrôle OP ($M = 1.13$) est moins élevée que celle du contrôle CA ($M = 1.42$). La mesure de l'ampleur de l'effet (*effect size*) démontre cependant une différence faible à modérée ($d_s = 0.42$).

Ce résultat s'oppose à celui obtenu dans l'étude précédente, qui laissait paraître une absence de différence significative entre ces deux scores. Cette différence s'explique selon nous en grande partie par le facteur principal différenciant les deux études, soit l'utilisation possible ou non d'une calculatrice. Nous pouvons dès lors supposer que l'absence de la possibilité d'utiliser une calculatrice génère soit une augmentation de la performance de la vérification des calculs, soit une diminution de l'efficacité du contrôle des opérations. La deuxième hypothèse semble la plus

probable, étant donné que d'une part la rapidité de l'utilisation d'une calculatrice devrait inciter à son utilisation, et d'autre part que sa fiabilité est maximale. Nous ne pouvons malheureusement pas comparer les moyennes de ces deux études (comparaison qui aurait permis d'informer cette question), puisqu'elles ne concernent ni les mêmes sujets, ni la même période de l'année (janvier – février pour l'étude précédent, mai – juin pour celle-ci), ni les mêmes items, ni le même nombre d'items.

Conformément à notre hypothèse 3 et aux résultats de notre étude précédente, la corrélation entre les variables de réussite des sous-stratégies de contrôle est non significative ($\tau = .22$, $p = .107$, $N = 38$). L'utilisation de la calculatrice semble ne pas avoir eu d'influence particulière sur ce résultat. Les scores de ces deux variables ne covariant pas, la même conclusion de la nécessité de distinguer les sous-stratégies peut être posée.

4.3. Résultats concernant les mesures comportementales du contrôle (question 2)

Différentes mesures comportementales des deux sous-stratégies de contrôle ont été élaborées pour tenter de comprendre plus finement quelles actions sont sous-jacentes à un contrôle efficace, quant à la vérification des résultats arithmétiques, et quant au contrôle des opérations. Une partie de ces variables s'inspirent directement des indices utilisés dans l'étude précédente, mais d'autres ont été ajoutées suite aux modifications méthodologiques effectuées.

Deux scores relatifs au contrôle global ont été établis. Le premier est identique à celui de l'étude précédente et concerne le *temps total* passé à l'épreuve de contrôle, à l'exception des cartes de transition entre les problèmes, le temps passé à la définition du degré de certitude, et le temps passé à l'explication des consignes et aux deux problèmes exemples. Le second concerne le nombre de contrôles (qu'ils soient relatifs au choix d'opération ou à la réalisation de calculs) réalisés après la détection d'une erreur par l'enfant. Cette mesure de *persévérance de contrôle* consiste en le nombre de retours à l'énoncé, de retour à l'étape précédente et de calculs effectués après cette détection. Cette variable sera divisée en deux sous-scores spécifiques aux deux sous-stratégies.

Quatre scores de contrôle des opérations ont été élaborés. Les deux premiers sont similaires à ceux utilisés dans l'étude précédente. Il s'agit du nombre de *retours à l'énoncé* et du nombre de *retours à l'étape précédente*. Le troisième a été établi grâce aux améliorations informatiques : il s'agit d'un indice du *temps de contrôle des opérations*, obtenus en soustrayant le temps consacré à la vérification de calculs du temps total. Le quatrième score consiste en le nombre de contrôles

des opérations réalisés après détection d'une erreur par l'enfant, sur l'ensemble de l'épreuve. Appelée *persévérance du contrôle des opérations*, cette variable constitue une partie de la variable décrite dans le paragraphe précédent.

Cinq scores relatifs à la vérification des résultats arithmétiques ont été calculés. Le premier, repris de l'étude précédente et appelé *vérifications de calculs*, considère le nombre de contrôle de calculs effectués par l'enfant. Seuls les calculs correspondant aux étapes mentionnées sur les résolutions proposées sont comptabilisés, puisque les autres calculs sont menés à des fins de correction et ne constituent dès lors pas un contrôle. Le second, appelé *vérification nécessaire des calculs*, est également semblable à la mesure établie lors de l'étude précédente. Les calculs « nécessaires » ont été choisis en ce qu'ils constituent des calculs complexes (multiplication, ordre de grandeur des données, pas de tactiques directes facilitant le calcul), et qu'ils sont situés avant l'étape contenant l'erreur. Cette variable comptabilise le nombre des calculs contrôlés parmi les trois items sélectionnés. Le troisième, appelé *temps de calcul*, consiste en le temps passé par l'enfant à la vérification des calculs sur l'ensemble de l'épreuve. Il s'agit d'un nouvel indice, rendu possible par les affinements de la programmation de notre épreuve de contrôle. La quatrième mesure, appelée *revérifications des calculs*, comptabilise le nombre de calculs reproduits une deuxième fois. La dernière mesure consiste en le nombre de vérifications de calcul après une détection d'erreur. Appelée *persévérance du contrôle des calculs*, il s'agit d'une partie de la variable contrôle après détection, décrite comme indice relatif au score global de contrôle (cf. supra).

Les coefficients de corrélation présentés dans le tableau 5.7 ne laissent apparaître, contrairement à nos hypothèses, aucune association significative entre les mesures comportementales de contrôle et les performances générale et spécifiques de cette stratégie. Même les mesures de vérification de l'ensemble des calculs ou de ceux devant être contrôlés, qui étaient corrélées à la performance spécifique à la sous-stratégie de vérification des résultats dans notre étude précédente, ne démontrent aucune co-variation significative. Ni les mesures de temps, ni les mouvements significatifs de contrôle des opérations, ni les calculs réalisés, ni les revérifications de calculs, ni les contrôles réalisés après la détection ne sont donc associés à une performance plus haute sur la performance de contrôle global ni sur les scores spécifiques aux deux sous-stratégies. Il existe une seule exception, qui concerne le lien entre revérification des calculs et performance de contrôle CA, et elle est d'intensité minime.

Tau-c de Kendall		Contrôle G.	Contrôle OP	Contrôle CA
Temps de contrôle G	τ	-.26	-,155	-.27
	p	.059	,322	.074
Persévérance contrôle G	τ	.02	.03	.01
	p	.896	.833	.945
Persévérance contrôle OP	τ	.06	.07	.05
	p	.611	.572	674
Temps contrôle OP	τ	-.23	-.09	-.29
	p	0.88	.520	.054
Retours énoncé	τ	.17	.14	.17
	p	.147	.363	.208
Retours étape précédente	τ	.14	.23	-.29
	P	.347	.074	.858
Persévérance contrôle CA	τ	.01	.01	.02
	P	.910	.928	.835
Temps contrôles CA	τ	-.23	-.22	-.14
	p	.090	.164	.326
Revérifications CA	τ	.08	-.03	.17*
	p	.378	.717	.044
Nombre de contrôles CA	τ	-.11	-.25	.10
	p	.407	.089	.489
Nombre de contrôles CA nécessaires	τ	-.07	-.15	.03
	p	.252	.080	.704

* Corrélation significative avec p < .05 (test bilatéral).

Tableau 5.7. Tau-c de Kendall entre mesures comportementales et performance de contrôle (N = 38).

Si ces résultats avaient été observés quant au contrôle des opérations dans l'étude 2, ce n'était pas le cas de la vérification des résultats arithmétiques. Le manque de distribution de certaines variables peut précipiter la non-signification des relations relatives à cette sous-stratégie. Par exemple, la vérification des calculs nécessaires, le nombre de revérifications de calculs, et le nombre de contrôles de calculs réalisés après détection ont une distribution très homogène. Ce n'est cependant pas le cas de celle du nombre des calculs effectués, qui ne démontrent malgré tout aucune relation significative.

Une analyse affinée nous a également permis de constater deux résultats particuliers. D'une part, il apparaît que très peu de revérifications de calculs sont effectuées, puisque le score de cette variable est de zéro pour 85 % des sujets environ. Bien plus, chez 4 des 5 sujets ayant à leur actif au moins une revérification, il apparaît que seuls les calculs ayant produit une réponse erronée sont refaits. Des hypothèses explicatives de cette observation seront émises en discussion. D'autre part, nous avons observé à la relecture des protocoles que certains sujets échouent à effectuer certains calculs dont ils avaient pourtant montré la maîtrise dans les épreuves concernant les connaissances disciplinaires arithmétiques. Sur les 38 sujets de notre échantillon, 7 élèves sont tenus en échec dans un des deux items (problèmes) constitutifs du score de performance en vérification des résultats. Nous évoquerons en discussion de ce chapitre des raisons potentielles pour lesquelles ces élèves commettent, durant l'épreuve de détection, des erreurs à des calculs qu'ils réussissent dans l'épreuve des connaissances disciplinaires.

4.4. Résultats liés au degré de certitude (question 3)

Comme nous l'avions constaté lors de la présentation des résultats de notre deuxième étude, les scores du jugement d'exactitude (Bouffard, 1998) et du degré de précision (Nietfeld & Schraw, 2002) sont corrélés entre eux ($r_s = -.53$, $p = .002$, $N = 31$). Pour rappel, la relation négative est logique, puisque le score de Nietfeld et Schraw attribue la précision au score le plus faible, tandis que c'est l'inverse pour celui de Bouffard. Rappelons aussi que les termes utilisés sont ceux qu'emploient les auteurs cités.

Conformément à notre hypothèse 6, l'indice de précision semble plus proche de l'efficacité du contrôle que celui d'exactitude. Le tableau 5.8 met en effet en évidence une relation très significative et très intense pour le premier indice ($\tau = -.77$, $p < .000$, $N = 38$), tandis que le second est non significativement corrélé à la performance de contrôle ($\tau = -.09$, $p = .491$, $N = 31$). Ces résultats corroborent donc ceux que nous avions observés lors de l'étude précédente, et laissent supposer la plus grande fiabilité du score de précision (pour plus de détails, cf. chapitre 4, section 4.9.2). Nous observons dans le même tableau que les coefficients de corrélation restent relativement semblables selon les deux sous-stratégies de contrôle.

Le score de distorsion du degré de certitude (proposé par Nietfeld & Schraw, 2002, cf. section 4.9.3 du chapitre 4) a permis de diviser l'échantillon en deux parties, comme dans l'étude précédente. Les scores négatifs constituent le sous-échantillon relatif à la sous-estimation, et les scores positifs le sous-échantillon de surestimation. L'analyse des statistiques descriptives relatives à ces deux sous-échantillons nous permet de confirmer notre septième hypothèse,

puisque nous y constatons un nombre proche de sujets se sous-estimant et se surestimant, bien que légèrement supérieur pour le sous-échantillon de sous-estimation (n = 18 contre n = 15). Ce résultat corrobore ceux obtenus au cours de l'étude 2.

Tau-c de Kendall		Performance contrôle G.	Performance contrôle OP	Performance contrôle CA
Précision	Coefficient de Corrélation	-.77**	-.61**	-.63**
	Seuil de signification (test bilatéral)	> .001	> .001	> .001
	N	38	38	38
Exactitude	Coefficient de Corrélation	-.09	-.14	-.03
	Seuil de signification (test bilatéral)	.491	.351	.885
	N	31	31	31

** Corrélation significative avec p > .01 (test bilatéral).

Tableau 5.8. Mesures corrélationnelles entre les scores de précision et d'exactitude et les scores de performance de contrôle.

5. Discussion

Les résultats obtenus au cours de cette étude permettent de compléter ceux observés dans notre étude précédente, essentiellement quant à divers aspects relatifs à la stratégie de contrôle et aux sous-stratégies qui lui sont associées. Trois modifications méthodologiques majeures ont été réalisées comparativement à l'étude présentée dans le chapitre 4. Premièrement, le niveau de maîtrise des connaissances disciplinaires arithmétiques a été contrôlé de manière plus approfondie, permettant de garantir un niveau satisfaisant de ce type de connaissances au sein de notre échantillon. Quelques sujets ont d'ailleurs été exclus de celui-ci pour l'ensemble des analyses menées quant à la stratégie de contrôle. Deuxièmement, la possibilité de l'utilisation

d'une calculatrice durant l'épreuve de contrôle a été supprimée. Les deux épreuves de performance scolaire et de contrôle ont donc été menées dans les mêmes conditions (permettant le calcul de statistiques de co-variation plus fiables), et les données comportementales ont pu être analysées en situation plus habituelle pour les enfants. Troisièmement, un affinement des données enregistrées par notre logiciel lors de l'épreuve de contrôle nous permet une mesure plus précise des comportements de contrôle relatifs aux deux sous-stratégies.

Un résultat important de cette étude consiste dans le fait que la co-variation entre la performance scolaire et le score global de contrôle augmente significativement par rapport à notre étude précédente, et devient proche de la relation que nous y avions observée entre stratégie de planification et performance scolaire. Nous attribuons essentiellement cette différence au recours possible ou non à une calculatrice. Le biais que nous avions supposé en discussion du chapitre 4 semble donc avoir modérément influencé les résultats de notre étude précédente, amoindrissant à la fois l'intensité et le degré de signification de la relation. Ce résultat nous permet de poser le constat d'une relation plus forte dans des conditions plus contrôlées (plus uniformes entre les deux épreuves) et plus habituelles pour l'enfant (peu d'enseignants permettent l'utilisation d'une calculatrice dans ce type d'épreuves).

La différenciation de cette relation en fonction de ces deux sous-stratégies laisse apparaître que le contrôle des opérations co-varie de manière intense et significative avec la performance scolaire, tandis que la vérification des résultats arithmétiques observe une relation plus modérée et à la limite du degré de signification couramment accepté. L'évolution des statistiques de co-variation est cependant symétrique pour ces deux sous-stratégies : la relation entre performance scolaire et contrôle des opérations passe d'une relation modérée à intense, tandis que celle concernant la vérification des résultats arithmétiques évolue de non significative à modérée et à signification limite. Nous imputons principalement cette différence à la suppression du biais de la calculatrice. Il reste cependant que la sous-stratégie de contrôle des opérations est liée de manière plus consistante à la performance scolaire.

La différence de réussite observée à l'aide du *Wilcoxon Signed Ranks Test* entre les sous-variables de contrôle des opérations et de vérification des calculs, au profit de cette dernière, est étonnante. Nous nous attendions à ce que l'augmentation de la charge cognitive due au traitement supplémentaire de réalisation des calculs agisse comme facteur perturbateur sur la réussite de cette variable. Nous aurions dès lors obtenu un taux de réussite inférieur pour l'épreuve liée aux vérifications de calculs. A l'inverse, nous avons argumenté que c'est selon nous le contrôle des opérations qui en subit les conséquences. Nous posons une hypothèse

explicative de ce résultat en supposant que le temps et la charge cognitive exigés par la réalisation de chaque calcul fassent « perdre le fil » de la réalisation du contrôle des opérations, et donc fasse décliner la réussite sur cette variable si l'enfant n'y prend garde et ne parvient à trouver une organisation satisfaisante de contrôle. Essentiellement, la charge cognitive plus importante du geste de calcul nécessiterait la suppression d'autres éléments en mémoire de travail, liés dès lors au contrôle des opérations. Cette interprétation se doit cependant d'être vérifiée empiriquement. Nous pouvons en tout cas attester de la non influence du niveau de réussite des connaissances disciplinaires, puisqu'il est apparu que cette épreuve présentait une différence significative inverse, c'est-à-dire au profit du contrôle des opérations.

Devant l'absence massive de corrélations entre les mesures comportementales et les scores de performance de contrôle, on peut tenter d'indiquer l'existence de certains facteurs explicatifs d'ordre méthodologique. Par exemple, la consigne précisant l'existence d'une erreur peut précipiter une recherche active jusqu'à la détection de l'erreur insérée, alors que l'enfant ne le ferait pas s'il ne savait combien d'erreurs étaient insérés à travers le problème. Cette influence possible, expliquée en discussion du chapitre précédent, n'avait pas été résolue pour cette étude, étant donné une prise conscience ultérieure. Un autre exemple serait de supposer que certaines vérifications de calculs soient réalisées en contrôle logique et non en contrôle empirique, malgré les précautions prises (cf. chapitre 3, section 3.3.1 ; cf. infra). Il est cependant plus vraisemblable d'accepter le fait que le nombre d'actions de contrôle n'est manifestement pas associé à une performance de contrôle. L'efficacité ou le rendement de la stratégie de contrôle n'est pas exprimé par la quantité des mouvements manifestes de contrôle. C'est donc selon nous par l'analyse de profils individuels de contrôle, en étude qualitative, que les comportements d'un contrôle efficace pourraient être décryptés avec plus de précision. Des études complémentaires devraient donc être menées en ce sens.

Divers résultats ou observations spécifiques doivent également être discutés. Premièrement, l'analyse de l'association entre les performances des deux sous-stratégies de contrôle montre une absence de co-variation significative. Ce résultat confirme celui observé dans l'étude précédente et atteste de la nécessité de distinguer ces deux types de contrôle. Nous expliquerons les implications de ce résultat dans notre discussion finale.

Deuxièmement, les analyses menées quant aux indices de précision issus du degré de certitude confirment les résultats observés dans l'étude 2. D'une part, il y apparaît que les deux indices évaluant la précision du degré de certitude (score de précision et score d'exactitude) sont corrélés de manière fort significative entre eux, et d'autre part que l'indice proposé par Nietfeld et

Schraw (2002) est beaucoup plus révélateur de la performance de contrôle que celui de Bouffard (1998). L'intensité de cette relation est très importante pour cet indice, attestant de sa grande fiabilité.

Troisièmement, les analyses concernant la mesure de distorsion du degré de certitude nous ont permis de confirmer un nombre proche d'enfants surestimant et sous-estimant leur performance, bien que les premiers soient légèrement plus nombreux que les seconds.

Quatrièmement, il est apparu que certains enfants échouent, dans l'épreuve de détection d'erreursà réaliser des calculs qu'ils réussissaient dans l'épreuve isolée (connaissances disciplinaires de calculs arithmétiques), alors que l'inverse est très peu fréquent. Certaines erreurs peuvent bien sûr être dues à des erreurs de distraction. Mais il pourrait également être supposé que certains élèves puissent mener une conduite automatique partielle ou totale des procédures écrites relatives aux calculs arithmétiques (les « experts »), tandis que d'autres élèves devraient encore mener consciemment ces calculs (les « novices »). La charge cognitive de traitement de ces calculs serait donc plus élevée pour les élèves « novices » que pour les « experts », puisque nous avons décrit dans notre troisième chapitre que l'automatisation a ceci de particulier qu'elle permet un traitement sans passer par la conscience et par la mémoire de travail. Dans ce cas, les « experts » pourraient opérer des calculs sans trop de difficultés autant en situation isolée qu'en situation de détection (nécessitant la combinaison des traitements liés au calcul et aux choix d'opérations arithmétiques). Par contre, le « novice » pourrait réussir adéquatement ces calculs en situation isolée, mais commettre des erreurs lorsqu'une charge cognitive supplémentaire s'impose à eux, comme dans l'épreuve de détection. Des études ultérieures devraient donc informer cette question.

Cinquièmement, nous avons constaté que très peu de revérifications de calculs sont effectuées : 85 % des sujets environ n'en réalisent aucune. La question se pose cependant de savoir si ce résultat est dû à une absence réelle de revérification, ou à une impossibilité d'observer certains types de contrôles. Nous penchons pour la deuxième de ces explications, ayant pu observer que ces revérifications sont fréquemment menées sur des calculs réalisés de manière erronée par l'enfant (en appliquant une procédure de calcul pour contrôler celui-ci, il commet une erreur et obtient dès lors un résultat faux). Ce fait laisse penser que l'enfant effectue une nouvelle vérification seulement lorsqu'un contrôle non observable l'a informé d'un problème. Comment se produit cette alternance entre contrôles observables et non observables ?

Chaque calcul doit être contrôlé au moins une première fois en appliquant une procédure empirique observable (refaire le calcul ou appliquer une preuve arithmétique), puisque, comme nous l'avons décrit dans la description des épreuves, aucun contrôle logique n'est possible. Par contre, la revérification par l'enfant du résultat qu'il a obtenu peut être menée dans certaines situations par un contrôle logique ou par une vérification empirique non observable. Par exemple, si l'enfant obtient 652 en calculant 530 – 288, il peut conclure à une erreur par un contrôle logique. D'autre part, il peut refaire mentalement chaque étape de la procédure de calcul et en vérifiant à chaque étape de la procédure de calcul si la réponse obtenue était correcte. Ainsi, le fait de disposer d'un calcul déjà résolu (avec les détails de sa résolution) devant les yeux pourrait lui permettre de segmenter le calcul en différentes étapes, et de réaliser chaque étape indépendamment (permettant une charge cognitive moindre à tout instant du contrôle). Ces deux types de vérifications sont bien entendu non observables, et ne peuvent dès lors pas être comptabilisées dans nos mesures comportementales.

Ce fait met en évidence la difficulté d'observer les vérifications de calculs en situation naturelle de résolution. En effet, le contrôle par un enfant d'un calcul qu'il a lui-même réalisé peut être mené tel que décrit ici pour nos revérifications. Seuls les contrôles de calculs non réalisés par l'enfant, et programmés pour générer un contrôle empirique, peuvent être observés, ce qui conforte la pertinence des épreuves de détection d'erreurs.

Chapitre 6 : Etude 4

1. Introduction

La question de la comparaison des niveaux de réussite des sous-stratégies de contrôle des opérations et de vérification des résultats arithmétiques est un des points de recherche communs aux deux études précédentes. Dans l'étude 2, permettant l'utilisation d'une calculatrice, il est en effet apparu une absence de différence significative entre ces deux scores. Dans l'étude 3, ne permettant pas le recours à ce support, une différence significative entre ces deux scores de réussite a été observée, au profit de la sous-stratégie de vérification des calculs. Nous avons constaté avec étonnement cette différence de résultat : pourquoi le rapport de ces scores de réussite penche-t-il en faveur de cette sous-stratégie, alors que le recours à un support fiable et léger en terme de charge cognitive[11] concernant cette même sous-stratégie est retiré ?

Tout traitement cognitif occupe une charge cognitive déterminée qui encombre l'espace limité de la mémoire de travail. La conduite simultanée de plusieurs actions cognitives génère dès lors un cumul des charges cognitives de chacun de ces traitements. Etant donné les limites spatiales inhérentes à la mémoire de travail, l'accumulation des charges cognitives de différents traitements peut rapidement saturer cette instance de la mémoire et par conséquent générer davantage d'erreurs (cf. chapitre 3).

Nous avons dès lors avancé, dans la discussion du chapitre précédent, une hypothèse explicative du constat de la différence de résultats entre les deux études, en supposant que l'augmentation de la charge cognitive exigée par la réalisation de chaque calcul génère une saturation de la capacité de la mémoire de travail, qui fasse « perdre le fil » de la réalisation du contrôle des opérations, et donc suscite un déclin de la réussite de cette sous-stratégie. Essentiellement, la charge cognitive plus importante du geste de calcul nécessiterait la suppression d'autres éléments en mémoire de travail, liés au contrôle des opérations.

Nous avons cependant décrit que des preuves empiriques sont nécessaires premièrement pour confirmer que les résultats divergents des études 2 et 3 (cf. paragraphe 1 de cette introduction) sont réellement causés par l'augmentation de la charge cognitive exigée par l'activité de contrôle. Pour ce faire, la comparaison de conditions différentes en terme de charge cognitive

[11] La mise en œuvre de procédures écrites ou mentales de calcul exige un temps et une charge cognitive nettement supérieure à l'application « technique », voire machinale, d'une calculatrice.

doit être réalisée au cours d'une même récolte de données et avec des tâches proches dans toutes les conditions. Les résultats obtenus devraient alors montrer un taux de réussite inférieur dans les activités exigeant une charge cognitive plus importante.

Deuxièmement, si ce constat se vérifie, la confirmation de notre argumentation exige la preuve que la diminution de performance observée s'explique par une chute de la capacité liée à la sous-stratégie du contrôle des opérations, le score de la sous-stratégie de vérification des résultats arithmétiques restant stable. Pour ce faire, des comparaisons de scores spécifiques aux deux sous-stratégies doivent être menées entre deux conditions de traitement exigeant des charges cognitives différentes. La confirmation de notre argumentation passerait alors par l'observation que le contrôle des opérations voit sa performance diminuer lors de l'augmentation de la charge cognitive, alors que la vérification des résultats arithmétiques voit sa performance rester identique.

L'augmentation de la charge cognitive d'une condition à l'autre peut être réalisée de manières diverses. En vue de confirmer l'argumentation décrite supra, la possibilité de recours ou non à une calculatrice aurait été la plus logique. Cependant, la réflexion amorcée nous a amené à envisager une question dont les implications en terme de pratiques sont beaucoup plus directes : l'augmentation de la charge cognitive par la nécessité de conduire simultanément deux sous-stratégies de contrôle implique-t-elle une saturation de la mémoire de travail, ayant pour conséquence une augmentation du nombre d'erreurs dans la tâche de contrôle ? Nous évaluons dès lors dans quelle mesure le passage d'une condition *simple* de contrôle (portant exclusivement sur l'une ou l'autre des deux sous-stratégies) à une condition *double* (nécessitant l'application conjointe des deux sous-stratégies) génère une diminution de la performance à une épreuve de détection d'erreurs.

A un autre niveau, nous avons constaté dans les études 2 et 3 que le nombre d'enfants qui sous-estiment et surestiment leur performance dans les détections d'erreurs reste relativement semblable, contrairement aux résultats observés par Paris et Winograd (1990). Nous reproduisons les analyses pour informer une nouvelle fois cette question. Bien plus, l'existence d'épreuves en condition simple et double de contrôle nous permet de différencier cette analyse en fonction de charges cognitives de traitement diverses. Nous nous interrogeons en effet sur l'impact potentiel de cette variable sur la valence des scores de distorsion (cf. section 4.9.1 du chapitre 4).

2. Questions de recherche et hypothèses

La première question de recherche s'intéresse aux niveaux de réussite d'une épreuve de contrôle en fonction de différentes charges cognitives de traitement. Elle évalue, auprès d'élèves de cinquième primaire, si la nécessité de mener un contrôle double engendre une diminution de performance (par rapport à la conduite d'un contrôle simple), et, le cas échéant, à quelle sous-stratégie cette chute de réussite doit principalement être attribuée. Dans ce cadre, nous posons les hypothèses suivantes :

1. l'épreuve de contrôle double est réussie de manière significativement inférieure aux deux épreuves de contrôle simple ;
2. de manière similaire à l'étude 3, les scores de vérification des résultats arithmétiques (contrôle CA) sont significativement supérieurs à ceux de contrôle des opérations (contrôle OP) *en condition double* de contrôle ;
3. par contre, étant donné la charge cognitive moindre, et en fonction du degré de maîtrise satisfaisant des connaissances disciplinaires, les scores sont relativement similaires pour les deux sous-stratégies de contrôle *en condition simple* ;
4. les scores relatifs à la sous-stratégie de contrôle des opérations (contrôle OP) sont significativement inférieurs en condition double par rapport à la condition simple ;
5. les scores relatifs à la sous-stratégie de vérification des résultats arithmétiques (contrôle CA) sont relativement semblables en condition double et simple de contrôle.

Une deuxième question de recherche, plus accessoire, évalue la comparaison du nombre d'enfants surestimant et sous-estimant leur performance, de manière globale et en différenciant les diverses conditions de l'expérimentation (cf. méthode). Il est supposé que :

6. les nombres d'enfants sous-estimateurs et surestimateurs sont relativement similaires lorsque nous ne différencions pas les diverses conditions de l'épreuve de contrôle.

Sans poser d'hypothèse précise, nous évaluons les différences observées quant à cette question lorsque nous menons des analyses séparées sur les trois conditions de l'épreuve de contrôle.

L'ensemble de ces hypothèses n'ont bien entendu d'intérêt que dans le cas d'une maîtrise suffisante des connaissances disciplinaires par l'enfant.

3. Méthode

3.1. Epreuves

Trois épreuves ont été soumises aux sujets de notre échantillon : performance scolaire en résolution de problèmes arithmétiques, connaissances disciplinaires de choix des opérations et de réalisation de calculs, épreuve de contrôle répartie en trois conditions. L'épreuve de performance scolaire était similaire à celle utilisée dans les études 1, 2 et 3 (cf. annexe 2). Basée sur trois items, elle permettait donc une variation des scores sur quatre points (0 à 3).

Trois versions de l'épreuve de détection d'erreurs ont été élaborées pour permettre la comparaison des trois conditions. Chacune se distinguait essentiellement par le type des erreurs qui y avaient été insérées, et par la consigne donnée à l'enfant. Dans la condition de contrôle simple lié au choix d'opérations (condition OP), il était stipulé à l'enfant que chaque problème contenait une seule erreur, et que cette erreur était toujours du même type : l'opération choisie (+, -, x ou ÷) n'était pas correcte. Dans la condition de contrôle simple lié à la réalisation de calculs (condition CA), seules des erreurs de calculs étaient programmées, et la consigne décrivait que seul ce type d'erreur était inséré. Dans la condition de contrôle double (condition DO), il était expliqué que les deux types d'erreurs étaient possibles. Dans cette condition, la moitié des items de détection se voyaient intégrer une erreur de calcul, tandis que l'autre moitié contenait des erreurs de choix d'opérations (l'ordre de présentation des items était aléatoire). Ces mêmes items constituaient une part de ceux présentés dans les deux épreuves de contrôle simple. Les trois versions de cette épreuve répondaient aux caractéristiques des études 2 et 3.

Six items cotés ont été présentés à chaque enfant, et un premier item non coté a fait office d'item exemple. Cette épreuve a donc permis d'obtenir un score de performance variant sur 7 points (0 à 6). Le degré de certitude de l'enfant a été enregistré après chaque problème, permettant le calcul des scores de surestimation et de sous-estimation, nécessaires pour évaluer l'hypothèse 6.

L'épreuve relative aux connaissances disciplinaires était du même type que celle des études 1 et 3. Elle se répartissait en deux axes : choix des opérations et réalisation de calculs. Chacune des connaissances spécifiques nécessaires à la réussite de l'épreuve de performance scolaire, ainsi que celle de détection, était ainsi contrôlée. L'épreuve était variable selon la condition à laquelle l'enfant a été soumis dans l'épreuve de contrôle. Il était en effet inutile de vérifier la maîtrise par l'enfant de la réalisation de calculs correspondant à l'épreuve de contrôle si celui-ci avait été soumis à la condition de contrôle des opérations dans la tâche de détection d'erreurs. Une réduction du nombre d'items à soumettre à l'enfant permettait à la fois une réduction du temps

de passation et diminuait les risques d'erreurs dues à une chute de concentration (fatigue mentale).

3.2. Echantillon et procédure

Les épreuves de performance scolaire et des connaissances disciplinaires ont été soumises à 132 élèves fréquentant la cinquième année de l'enseignement primaire ordinaire, dans six écoles francophones différentes. Comme dans les autres études, et pour les mêmes raisons (cf. chapitre 4, section 3.2), nous avons veillé à diversifier les écoles visitées quant à leur milieu de vie et leur milieu socio-économique (cf. tableau 6.1). L'ensemble de ces écoles appartiennent cependant au réseau libre et sont situées en province de Hainaut.

Ecole	*Milieu de vie*	*Milieu socio-économique*	*Nombre d'enfants dans la classe*
Ecole 1	Rural	Divers	25
Ecole 2	Citadin	Ouvrier/agricole	17
Ecole 3	Citadin	Divers	18
Ecole 4	Rural	Ouvrier/agricole	26
Ecole 5	Rural	Divers	21
Ecole 6	Citadin	Aisé	25

Tableau 6.1 : tableau croisé des caractéristiques des écoles visitées

Dans chaque école, la procédure a été menée comme suit. Les enfants étaient prévenus de notre passage dans leur classe par l'enseignant. Une première période de cours était consacrée à la passation de l'épreuve collective et standardisée de performance scolaire. Suite aux résultats de cette épreuve, une sélection des sujets était réalisée pour l'épreuve de détection d'erreurs. La répartition des sujets dans les trois conditions était effectuée sur base d'un pairage des sujets selon le critère d'école et celui de la performance scolaire. Ce pairage avait pour but de supprimer tout effet possible du type de pédagogie, et d'éviter tout risque d'obtenir des sous-échantillons disproportionnés en terme de performance en résolution de problèmes. Concrètement, un pairage par score de réussite à l'épreuve de performance scolaire a été mené

dans chaque école (et non à travers l'ensemble de l'échantillon). Quinze élèves ont été sélectionnés par classe, au vu du nombre d'élèves dans chaque classe (cf. tableau 6.1), et de la nécessité d'obtenir un nombre de sujets divisible par trois (nombre de conditions).

Dans une deuxième phase de récolte de données, les 90 sujets sélectionnés étaient soumis à l'une des trois versions de l'épreuve de détection d'erreurs, en passation individuelle (durée moyenne approximative : 45 minutes). Ensuite, une autre période de cours était consacrée à la passation collective de l'épreuve relative aux connaissances disciplinaires.

4. Résultats

4.1. Analyses préliminaires

4.1.1. Analyse des niveaux de réussite liés aux connaissances disciplinaires

Les tableaux 6.2 et 6.3 présentent la proportion de réussite de l'ensemble des items concernant l'évaluation de la maîtrise des connaissances disciplinaires de réalisation de calcul d'une part, et de choix de l'opération arithmétique d'autre part. Remarquons que ces résultats portent sur 84 sujets et non sur 90 comme prévu, étant donné des problèmes d'enregistrement de données pour deux sujets. Les sujets associés à ceux-ci dans l'épreuve de contrôle (pairage en triades) ont dès lors également été supprimés.

	Item CA 1	**Item CA 2**	**Item CA 3**	**Item CA 4**	**Item CA 5**	**Item CA 6**
N	56	56	56	56	56	56
Proportion de Réussite	.91	.95	.93	.89	.93	.91
	Item CA 7	**Item CA 8**	**Item CA 9**	**Item CA 10**	**Item CA 11**	**Item CA 12**
N	56	56	56	56	84	84
Proportion de Réussite	.91	.91	.88	.80	.88	.81
	Item CA 13	**Item CA 14**	**Item CA 15**	**Item CA 16**	**Item CA 17**	**Item CA 18**
N	84	84	84	84	84	84
Proportion de Réussite	.92	.85	.95	.96	.98	.88

Tableau 6.2. Proportion de réussite des items liés à la maîtrise des connaissances disciplinaires (réalisation de calcul).

	Item OP 1	Item OP 2	Item OP 3	Item OP 4	Item OP 5	Item OP 6	Item OP 7
N	56	56	56	56	56	56	56
Proportion de Réussite	1.00	.93	1.00	.98	.93	1.00	1.00
	Item OP 8	**Item OP 9**	**Item OP 10**	**Item OP 11**	**Item OP 12**	**Item OP 13**	**Item OP 14**
N	56	56	56	56	56	56	56
Proportion de Réussite	.98	.93	1.00	1.00	.96	.95	.95
	Item OP 15	**Item OP 16**	**Item OP 17**	**Item OP 18**	**Item OP 19**	**Item OP 20**	**Item OP 21**
N	56	56	56	84	84	84	84
Proportion de Réussite	.61	.98	.98	.98	.92	.96	.98
	Item OP 22	**Item OP 23**	**Item OP 24**	**Item OP 25**	**Item OP 26**	**Item OP 27**	
N	84	84	84	84	84	84	
Proportion de Réussite	.88	1.00	.99	.88	.86	.96	

Tableau 6.3. Proportion de réussite des items liés à la maîtrise des connaissances disciplinaires (choix des opérations).

Comme nous l'avons constaté dans les études 1 et 3, les analyses par item montrent des proportions de réussite très élevées, variant de 80 % à 100 % pour les items relatifs aux calculs, et de 86 % à 100 % (à l'exception d'un item, cf. infra) pour le choix des opérations. Les moyennes de réussite de ces items sont de 90 % pour la première sous-stratégie et de 96 % pour la seconde (en retirant l'item 15, cf. infra).

Une proportion très faible de réussite est observée quant au quinzième item de l'épreuve du choix des opérations arithmétiques. Cet item correspond à une étape de résolution dans un problème de l'épreuve de détection d'erreur (cf. figure 6.1). Il convient donc d'analyser de plus près et de contrôler l'influence de cette lacune dans les connaissances de base. La réponse attendue à cet item est bien entendu « 5 € – 2 € = 3 € ». Tous les enfants produisant une solution erronée utilisent l'opération d'addition ou de division (jamais celle de multiplication). Qu'en est-il de la correspondance dans l'épreuve de détection d'erreur pour ces sujets ? L'étape erronée y

est proposée seulement à la condition OP (les deux autres conditions contiennent une erreur de calcul sur cet item) : une multiplication est présentée plutôt que la soustraction correcte. Etant donné que dans l'épreuve des connaissances disciplinaires la multiplication n'est jamais utilisée, l'enfant doit inévitablement signaler une erreur si son contrôle est efficace. Sa correction sera vraisemblablement erronée cependant, proposant une addition ou une division, comme dans l'épreuve isolée. Nous avons dès lors réalisé un recodage des données pour cet item de contrôle, en acceptant les détections localisées sur l'étape correcte où se situe le problème et corrigées comme une erreur d'opération et non de calcul. Ce changement a permis à 11 enfants qui échouaient à cet item dans les conditions habituelles de cotation d'obtenir un score de réussite. Cette correction du codage a donc permis d'éviter une influence de la connaissance disciplinaire (ou de la mauvaise compréhension liée à cet item).

Problème 15 : J'ai acheté des nouveaux cahiers pour 5€. J'en ai revendu pour un total de 2€. Combien m'ont coûté mes cahiers, en comptant ceux que j'ai achetés et ceux que j'ai vendus ?

…… … …… = ……

Figure 6.1. Item 15 de l'épreuve des connaissances disciplinaires liée aux choix d'opérations.

Afin d'évaluer le niveau de maîtrise de chaque enfant, il est nécessaire d'établir des scores relatifs à la réussite des items de l'épreuve des connaissances disciplinaires. Un score de proportion de réussite est dès lors calculé par la moyenne de réussite, sur base des scores dichotomiques (échec ou réussite) de chaque item de l'épreuve. Deux sous-scores relatifs spécifiquement aux connaissances de base de choix des opérations et de réalisation de calcul sont également élaborés. Selon les conditions de l'épreuve de contrôle, les scores sont établis sur un nombre d'items variant de 8 et 18 pour le score des connaissances relatives aux calculs (connaissances CA), de 10 et 27 pour les connaissances liées au choix des opérations (connaissances OP), et de 28, 35 ou 45 pour le score général de maîtrise des connaissances disciplinaires (connaissances G). Quelques données descriptives sur ces variables sont présentées dans le tableau 6.4.

	Connaissances G	Connaissances OP	Connaissances CA
N	84	84	84
Moyenne	.93	.95	.90
Asymétrie	-2.56	-3.49	-1.26
Voussure	9.06	15.57	1.13
Minimum	.56	.41	.56
Maximum	1.00	1.00	1.00

Tableau 6.4. Mesures descriptives des scores de maîtrise des connaissances disciplinaires.

Il apparaît que l'épreuve de maîtrise des connaissances disciplinaires est en moyenne massivement réussie par notre échantillon. La moyenne des proportions de réussite des items par sujet est de 93 % pour le score global. Comme dans l'étude précédente, la réussite moyenne des sujets est légèrement, mais significativement supérieure pour les items liés aux choix d'opérations (*Wilcoxon Signed Ranks Test* : $p < .001$, $N = 84$). L'ampleur de l'effet de cette différence est relativement faible ($d_s = 0{,}47$). Les enfants réussissent en moyenne 96 % des items relatifs aux opérations, contre 90 % pour les items liés aux réalisations de calculs.

4.1.2. Définition de l'échantillon pour les analyses liées à la stratégie de contrôle

Si les résultats de notre quatrième section démontrent la maîtrise massive des connaissances disciplinaires nécessaires aux épreuves de performance scolaire et de contrôle, il est opportun d'analyser de plus près les résultats de chaque enfant afin de repérer les sujets démontrant des lacunes importantes quant à cette maîtrise. Dans cette perspective, les tableaux 6.5 et 6.6 présentent les fréquences des scores des deux sous-variables de contrôle.

La grande majorité des enfants se situent au-dessus du niveau de réussite de deux tiers des items des deux sous-épreuves. Nous constatons cependant qu'un sujet obtient un score particulièrement faible dans l'épreuve concernant le choix des opérations (environ 40 % de réussite seulement), et qu'un autre se situe en-dessous des deux tiers. De manière plus importante, cinq sujets se situent sous ce taux de réussite dans l'épreuve liée aux réalisations de calculs. Ces sept sujets (aucun ne cumule en effet une lacune de connaissances sur les deux sous-épreuves) doivent être retirés de notre échantillon. Cependant, étant donné le pairage que nous avons réalisé pour l'épreuve de

contrôle, les deux sujets associés pour chaque triade (trois conditions) doivent également être supprimés. Etant donné que certains de ces sujets étaient inclus dans la même triade, 5 triades (soit 15 sujets) ont été supprimées de notre échantillon. Les analyses ultérieures seront donc menées sur base d'un échantillon de 69 enfants, répartis entre trois conditions de contrôle.

Connaissances OP	Fréquences	Pourcentage	Pourcentage cumulé
.41	**1**	1.2	1.2
.60	**1**	1.2	2.4
.70	1	1.2	3.6
.74	1	1.2	4.8
.78	1	1.2	6.0
.85	2	2.4	8.3
.90	12	14.3	22.6
.93	6	7.1	29.8
.96	20	23.8	53.6
1.00	39	46.4	100.0
Total	84	100.0	

Tableau 6.5. Fréquences des scores de réussite des items de choix des opérations.

Connaissances CA	Fréquences	Pourcentage	Pourcentage cumulé
.56	**1**	1.2	1.2
.61	**1**	1.2	2.4
.63	**3**	3.6	6.0
.67	1	1.2	7.1
.72	1	1.2	8.3
.75	5	6.0	14.3
.78	2	2.4	16.7
.83	5	6.0	22.6
.88	23	27.3	50.0
.94	13	15.5	65.5
1.00	29	34.5	100.0
Total	84	100.0	

Tableau 6.6. Fréquence des scores de réussite des items de réalisation de calculs.

4.1.3. Analyse sur la normalité de la distribution des variables

Les analyses au test de normalité du K.S. (cf. tableau 6.7) démontrent, comme dans les études précédentes, une distribution significativement différente de la normalité pour la variable de contrôle de manière générale pour l'ensemble de l'échantillon, et spécifiquement dans les trois conditions. De plus, la mesure de performance scolaire standardisée ne varie à nouveau que sur trois points. L'ensemble des analyses menées sur ces variables sont donc menées à l'aide de statistiques non paramétriques.

Epreuve de contrôle	Kolmogorov-Smirnov Statistic	Degré de liberté	Seuil de signification
Ensemble de l'échantillon	.23	69	> .001
Condition CA	.27	23	> .001
Condition OP	.19	23	.034
Condition DO	.22	23	.004

Tableau 6.7. Analyse de la normalité des scores de contrôle par le test de Kolmogorov-Smirnov (avec correction de signification de Lilliefors).

4.2. Résultats relatifs à la stratégie de contrôle

4.2.1. Proportions de réussite en conditions simple et double (question 1)

Comme nous le montre le tableau 6.8, il apparaît une différence significative entre l'épreuve de réussite liée à la vérification des résultats arithmétiques et celle du contrôle double ($p = .005$), au profit du contrôle simple (cf. tableau 6.9). L'intensité de cette différence est d'ailleurs fort élevée au test de l'ampleur de l'effet ($d_s = 0.95$). Par contre, aucune différence significative n'est observée entre condition double et contrôle des opérations ($p = .955$). Ces résultats nous amènent à nuancer notre première hypothèse, puisque celle-ci ne se confirme que dans le cas du contrôle CA.

Stratégie de contrôle : Mann-Whitney Test	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Seuil de signification (test bilatéral)
Comparaison conditions CA – DO	143.50	419.50	-2.79	.005
Comparaison conditions OP – DO	262.00	538.00	-.06	.955

Tableau 6.8. Comparaisons de moyennes non paramétriques entre conditions simples et double de contrôle.

	Condition	N	Rang moyen	Somme des rangs
Comparaison condition CA – DO	CA	23	28.76	661.50
	DO	23	18.24	419.50
	Total	46		
Comparaison condition OP – DO	OP	23	23.39	538.00
	DO	23	23.61	543.00
	Total	46		

Tableau 6.9. Présentation des rangs moyens et somme de rangs pour les comparaisons non paramétriques entre conditions simples et double.

De manière contradictoire avec les résultats de l'étude 3 et avec notre hypothèse 2, nous observons une absence de différence significative entre les scores de contrôle OP et CA dans la *condition double* de l'épreuve de contrôle (*Wilcoxon Signed Ranks Test* : $p = .56$). Le tableau 6.10 nous permet d'observer que les rangs moyens sont semblables pour les rangs positifs et négatifs, et que le nombre de sujets répartis sur ces deux types de rangs est presque égal. De même, de manière contradictoire avec notre hypothèse 3, une différence significative entre les scores de réussite des épreuves en *condition simple* de contrôle (*Mann-Whitney Test* : $p = .002$, $N = 23$), au profit de l'épreuve de calculs. L'ampleur de l'effet de cette différence est de plus très sévère ($d_s = 1.02$).

Comparaison contrôle CA – contrôle OP		N	Rang moyen	Somme des rangs
Condition double	Rangs Négatifs [a]	7	6.50	45.50
	Rangs Positifs [b]	5	6.50	32.50
	Ex Aequo [c]	11		
	Total	23		
Condition simple	Controle CA	23	29.26	673.00
	Controle OP	23	17.74	408.00

a V3CA < V3OP ; b V3CA > V3OP; c V3OP = V3CA.

Tableau 6.10. Statistiques liées aux rangs pour la comparaison de moyennes entre scores de contrôle OP et contrôle CA, respectivement pour le sous-échantillon de la condition double, et pour les sous-échantillons de la condition simple.

Contrairement à nos attentes, la vérification des résultats arithmétiques apparaît comme la plus aisée des sous-stratégies de contrôle en situation de contrôle simple, mais pas en condition double. Ce constat ne peut s'expliquer que par une diminution du score lié à la vérification des résultats ou par une augmentation du score lié au contrôle des opérations (ou par la combinaison de ces facteurs) lors du passage de la condition simple à la condition double.

Les analyses présentées dans les tableaux 6.11 et 6.12 permettent de déterminer laquelle de ces deux hypothèses est réelle. Nous pouvons en effet comparer le niveau de réussite du contrôle en situation simple et double, pour chacune des deux sous-stratégies. Tout sujet soumis à la passation de l'épreuve double de contrôle se voit présenter trois items contenant une erreur de calcul (sans savoir bien sûr le type d'erreurs que ces items contiennent). Les sujets soumis à la condition CA de l'épreuve de contrôle reçoivent les mêmes items. Nous avons donc comparé le score de détection de ces trois items dans la condition CA (simple) et dans la condition MI (double). Nous obtenons ainsi un score de réussite du contrôle CA, sur base des mêmes items, respectivement en condition simple et en condition double de contrôle. La même procédure est appliquée pour la sous-stratégie de contrôle des opérations.

Le contrôle CA démontre un score significativement plus élevé en condition simple de contrôle qu'en condition double ($p = .015$, cf. tableau 6.12). L'intensité de cette différence est, au test de Cohen, relativement intense ($d_s = 0.75$). A l'inverse, aucune différence significative n'est observée entre le niveau de réussite du contrôle des opérations en condition simple et en condition double de contrôle ($p = .917$). Nous pouvons donc en conclure que c'est la *diminution du score de détection des erreurs de calcul*, et non l'augmentation du score relative aux erreurs de choix d'opérations, qui est responsable du changement dans les comparaisons de réussite des deux épreuves lorsqu'on passe de la condition simple à la condition double de contrôle.

Rangs	Condition	N	Rang moyen	Somme des rangs
Réussite des items de contrôle OP	Simple (OP)	23	23.30	536.00
	Double (DO)	23	23.70	545.00
	Total	46		
Réussite des items de contrôle CA	Simple (CA)	23	28.09	646.00
	Double (DO)	23	18.91	435.00
	Total	46		

Tableau 6.11. Présentation des rangs moyens et somme de rangs pour les comparaisons non paramétriques entre conditions simples et double pour chacun des sous-stratégies de contrôle.

Comparaison en situation simple et double	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Seuil de signification (test bilatéral)
Comparaison conditions CA (simple) – DO (double)	159.00	435.00	-2.43	.015
Comparaison conditions OP (simple) – DO (double)	260.00	536.00	-.10	.917

Tableau 6.12. Comparaisons de moyennes non paramétriques entre conditions simples et double de contrôle (Mann-Whitney Test).

4.2.2. Valence de la distorsion du degré de certitude (question 2)

Nous avons élaboré la variable du degré de distorsion de la manière décrite au chapitre 4 (section 4.9.3), et l'avons subdivisée en sous-échantillons de sous-estimation (scores négatifs uniquement) et de surestimation (scores positifs). Il apparaît clairement que les sujets qui sous-estiment leur réussite (n = 35) sont bien plus nombreux que ceux qui la surestiment (n = 22), contrairement à notre sixième hypothèse.

La différenciation de ces résultats en fonction des trois conditions de contrôle est cependant intéressante. Il y apparaît en effet que le nombre d'enfants sous-estimant leur réussite est plus important quant aux conditions de contrôle simple, alors que le phénomène inverse est observé dans le cas du contrôle double (cf. tableau 6.13). Ainsi, nous observons 5 sujets surestimant leur réussite contre 14 la sous-estimant dans la condition CA (4 enfants s'évaluant avec précision), et 5 sujets en surestimation contre 12 en sous-estimation dans la condition OP (5 sujets en juste évaluation). Par contre, conformément à nos études antérieures, nous observons 9 enfants sous-estimant leur réussite et 12 surestimant celle-ci dans la condition de contrôle double (1 élève évalue sa réussite exactement).

Condition		degré de distorsion	surestimation	sous-estimation
CA	n	*23*	*5*	*14*
OP	n	*22*	*5*	*12*
DO	n	*23*	*12*	*9*
Toutes	N	*69*	*22*	*35*

Tableau 6.13. Nombre de sujets pour les mesures de surestimation et de sous-estimation, global et différencié en fonction des conditions de l'épreuve de contrôle.

Si nous observons les résultats obtenus d'une manière générale, ceux-ci infirment notre sixième hypothèse et contredisent les résultats obtenus dans l'étude 3, le nombre de sujets qui sous-estiment leur réussite étant plus important que celui des élèves qui la surestiment. Cependant, les résultats doivent être distingués selon qu'ils proviennent d'enfants ayant été soumis à une

condition de contrôle simple ou double. La condition double démontre un nombre d'enfants en surestimation légèrement plus important qu'en sous-estimation, alors que les deux conditions simples laissent apparaître un nombre de sujets nettement supérieur en sous-estimation. Le constat suivant peut donc être posé : l'enfant a tendance à se surestimer dans une épreuve de contrôle double et à se sous-estimer dans une épreuve de contrôle simple.

5. Discussion

5.1. Quant à l'influence de la charge cognitive sur la réussite du contrôle

L'augmentation de la charge cognitive de l'activité de contrôle, réalisée par le biais du nombre de types de contrôle différents à appliquer, est déterminante sur la capacité de l'enfant à mettre en œuvre avec efficacité le processus de contrôle, puisque les niveaux de performance ne restent pas identiques sur les deux sous-stratégies. Cependant, les résultats de cette étude montrent d'une part que cet effet est moins massif qu'attendu, et d'autre part qu'il s'oriente différemment de ce que nous avions supposé à partir des résultats des études 2 et 3.

Quant à l'intensité de l'effet, il apparaît que le contrôle CA en condition simple est mené avec une performance supérieure à la fois au contrôle double (mixant contrôle CA et OP) et au contrôle CA en condition double. A l'inverse, aucune différence significative n'apparaît entre le score de contrôle OP en condition simple et les scores en condition double. Alors que nous supposions une proportion de réussite inférieure dans l'épreuve en condition double par rapport à celles en condition simple, cette hypothèse ne se vérifie que pour une des deux sous-stratégies.

Quant à l'orientation de cet effet, il apparaît que c'est le contrôle CA qui pâtit de l'augmentation de la charge cognitive de l'activité de contrôle, alors que nous attendions surtout une chute de la capacité de l'enfant quant au contrôle OP. Contrairement à l'argumentation posée en discussion de l'étude 3 (et rappelée en introduction de ce chapitre), nous supposons que cette augmentation amène l'enfant à se centrer essentiellement sur le contrôle des opérations, oubliant régulièrement la vérification de calculs ou la menant avec une charge cognitive diminuée (générant dès lors davantage d'erreurs).[12]

La question de l'influence de la charge cognitive sur la réussite des épreuves liées au processus de contrôle est importante en terme de pratiques. Plus précisément, nous interrogeons ici la capacité de l'enfant à faire face à un contrôle double. Si la charge cognitive de contrôle conjoint

[12] Cf. chapitre 7 pour une discussion plus large des différences de résultats à ce propos entre les études 2, 3 et 4.

des deux sous-stratégies est trop importante pour être réalisée efficacement, d'autres modes d'organisation du contrôle doivent être proposés à l'enfant, permettant l'application successive plutôt que simultanée de ces deux types de contrôle. Dans l'état actuel des informations récoltées, il apparaît que la conduite simultanée d'un contrôle double influence modérément le niveau de réussite. Des études ultérieures doivent selon nous être menées pour voir si les résultats ici obtenus se confirment, et pourraient notamment préciser si l'influence est modérée pour l'ensemble des sujets, ou si elle est plus marquée pour certains d'entre eux, tels les élèves sous-performants.

Un autre centre d'intérêt de cette étude était de comparer le niveau de réussite de chaque sous-stratégie de contrôle en *condition identique* de charge cognitive, afin de révéler quelle est la sous-stratégie de contrôle la plus difficile à réaliser avec efficacité par les enfants de cet âge. Il apparaît des résultats contradictoires selon la condition de charge cognitive. En condition simple, nous avons constaté une différence significative intense entre les deux sous-stratégies, au détriment du contrôle des opérations. En condition double par contre, une absence de différence significative est observée, contrairement aux résultats observés dans l'étude 3. Des études complémentaires sont donc requises pour informer cette question, en différenciant l'intensité de la charge cognitive. Il n'est en effet pas possible jusqu'à présent de déterminer précisément quelle est la sous-stratégie la plus difficile à réaliser avec efficacité (cf. chapitre 7).

5.2. Quant aux sous-estimations et surestimations de la performance de contrôle

Quant aux analyses réalisées à partir du degré de distorsion, il apparaît que, en condition de contrôle double, un nombre légèrement supérieur de sujets surestiment leur réussite. En condition simple par contre, beaucoup plus de sujets sous-estiment leur performance. Alors que dans un premier temps ils pouvaient paraître contredire les observations réalisées dans les études 2 et 3, ces résultats les complètent en indiquant la différenciation entre conditions simples et doubles de contrôle. Comment interpréter cette différence de résultats selon l'intensité de la charge cognitive exigée par l'activité de contrôle ? Une des hypothèses explicatives concerne la capacité de l'enfant à garder en mémoire les contrôles réalisés durant le traitement de la tâche. En situation de charge cognitive relativement simple, l'enfant pourrait garder une idée claire des contrôles effectués et dès lors s'évaluer sans surestimation. Par contre, lors d'une tâche cognitivement complexe, l'enfant serait amené à se désorganiser (légèrement ou plus sévèrement) s'il n'y prends garde, oubliant d'appliquer un des deux types de contrôle sur une ou

plusieurs étapes de résolution. Bien plus, il est probable que l'enfant ne réalise pas consciemment les « oublis de contrôle » qu'il a commis durant l'épreuve, et donc ne prenne pas en compte ces défauts de contrôle durant l'évaluation finale qu'il produit. Pensant avoir appliqué les deux procédures de contrôle à l'ensemble des étapes de résolution, il serait dès lors plus enclin à se surestimer.

Des résultats complémentaires avec de plus larges échantillons seraient cependant nécessaires pour corroborer les observations faites à ce propos dans cette étude. De plus, des mesures comportementales de la qualité d'organisation du contrôle dans différentes conditions de charge cognitive de traitement devraient être évaluées pour juger de l'interprétation ici émise. Comme nous l'avons évoqué en discussion de l'étude 3, de telles études devraient être menées en analyses qualitatives de profils de contrôle.

Chapitre 7 : Discussion générale

1. Introduction

Les différentes études présentées dans cette dissertation doctorale ont évalué quelles étaient les capacités d'enfants fréquentant la cinquième année de l'enseignement primaire ordinaire belge francophone quant aux stratégies d'autorégulation de détermination du but, de planification et de contrôle, comment ces capacités variaient entre les sujets, et dans quelle mesure elles se révélaient reliées à une haute performance scolaire dans les résolutions de problèmes arithmétiques. Bien plus, ces recherches se sont attachées à comprendre de manière plus précise divers aspects structuraux et fonctionnels des processus autorégulateurs, en insistant particulièrement sur la stratégie de contrôle et ses sous-processus. Enfin, elles ont investigué la question de la mesure de la stratégie de contrôle.

Les résultats de ces études (principalement les études 2, 3 et 4) sont brièvement revus et mis en parallèle dans ce chapitre. Sans reprendre les méthodologies utilisées et les discussions spécifiques à chaque étude (cf. section 5 des chapitres 4, 5 et 6), nous proposons les limites et les interprétations générales, notamment en rapport au cadre théorique élaboré. Nous proposons ensuite diverses pistes pour la conduite de recherches ultérieures, et envisageons les implications en terme de pratiques pédagogiques.

2. Résultats principaux et interprétations

Nos études ont permis de confirmer les résultats obtenus antérieurement qui attestent de la relation significative entre les capacités relatives aux stratégies d'autorégulation et la performance scolaire. Bien plus, l'intensité de ces relations est apparue supérieure à celle généralement observée (surtout vis-à-vis d'enfants fréquentant l'enseignement primaire), essentiellement selon nous en raison de notre méthodologie spécifique et non rapportée. La confrontation des résultats des études 2 et 3 (cf. section 5 du chapitre 5) laisse de plus supposer que les stratégies de contrôle et de planification sont corrélées à la performance scolaire avec une intensité relativement semblable, alors que la littérature était contradictoire sur ce point (cf. section 4 du chapitre 3). Bien qu'ils n'autorisent aucune inférence causale, ces résultats sont en accord avec la thèse que nous avons développée tout au long de cette dissertation doctorale, affirmant que les stratégies d'autorégulation permettent une utilisation optimale de ses connaissances disciplinaires, particulièrement dans le cas de tâches complexes telles les résolutions de problèmes arithmétiques (cf. section 7 du chapitre 3 pour une synthèse des

arguments théoriques de cette affirmation, cf. chapitre 8). Ils laissent donc supposer l'intérêt de développer ces stratégies afin de permettre une amélioration de la performance scolaire d'élèves de divers niveaux de réussite.

Afin d'établir des programmes d'intervention adaptés, il convient cependant d'être au clair sur les capacités moyennes des enfants quant à ces stratégies. L'étude 2 a permis d'analyser cette question auprès de 42 élèves de cinquième primaire. Alors que la stratégie de détermination du but était clairement acquise dans le type de problèmes fermés utilisés dans nos études, il s'est avéré que ces enfants disposaient de capacités très limitées quant à la stratégie de planification. Les compétences relatives à la stratégie de contrôle se situaient à un niveau intermédiaire entre ces deux extrêmes, puisque les items proposés ont été majoritairement réussis par presque tous les enfants. Nous avons cependant souligné que ce taux de réussite majoritaire mais non parfait exprime l'idée que le comportement de contrôle est insuffisant, puisque toute erreur devrait être détectée à partir du moment où l'élève dispose de la connaissance arithmétique nécessaire (prérequis contrôlé préalablement). Il est également peu évident de déterminer si une des deux sous-stratégies de contrôle est réalisée plus aisément par l'enfant : selon les études et les conditions en terme de charge cognitive (cf. infra), soit la vérification des résultats arithmétiques est plus facile (étude 3 et condition simple de l'étude 4), soit les résultats sont identiques (non significativement différents) sur les deux scores (étude 2 et condition double de l'étude 4). Bien que des études ultérieures doivent être menées avec des échantillons beaucoup plus larges afin de conforter ces observations (et afin d'informer la comparaison des capacités relatives aux deux sous-stratégies de contrôle), ces évaluations précises complètent avec une utilité certaine les résultats contradictoires observés dans la littérature et présentés dans notre troisième chapitre (section 5).

Outre ces aspects pragmatiques, nos études ont permis de documenter divers aspects relatifs à la structure, au fonctionnement et à la mesure des stratégies d'autorégulation. En *termes structuraux*, il apparaît que les diverses stratégies participent à un même processus global, mais doivent cependant être différenciées. En effet, si les stratégies de planification et de contrôle sont corrélées entre elles, elles ne le sont que modérément (cf. étude 2). De même, alors que les enfants démontrent un niveau de maîtrise important quant à la stratégie de détermination du but, certains d'entre eux se révèlent très faibles en planification (cf. étude 2). La stratégie de contrôle s'est révélée la plus complexe des stratégies d'autorégulation étudiées (cf. Focant et Grégoire, à paraître). Nous avons en effet proposé dans le chapitre 3 (section 3.3.1) la distinction entre quatre types de contrôle : le monitoring, l'évaluation du progrès réalisé vers le but, le contrôle des

opérations et la vérification des résultats arithmétiques. Bien plus, nous avons proposé que certaines de ces « sous-stratégies » puissent ou doivent se réaliser par des sous-processus différents. A titre d'exemple, Grégoire et Focant (soumis) ont mis en évidence l'existence de modes logiques et empiriques de la vérification des résultats arithmétiques. Les études 2 et 3 ont permis d'observer une absence de co-variation significative entre les capacités relatives à la sous-stratégie de vérification des résultats et de contrôle des opérations, confirmant l'intérêt de leur distinction. Ce constat est appuyé par le fait que les relations envers diverses variables montrent des résultats différents en fonction de la sous-stratégie concernée. Cette observation est compréhensible théoriquement. La vérification empirique des résultats arithmétiques exigée par les conditions de notre méthodologie (reproduction du calcul ou procédures de preuve) semble en effet plus « technique » que le contrôle sensible des opérations, basé sur la compréhension du sens des opérations et de l'énoncé du problème.

En terme du fonctionnement des processus d'autorégulation, les études 2, 3 et 4 ont permis d'évaluer l'impact de la charge cognitive sur les capacités relatives aux diverses stratégies, et principalement sur celle de contrôle. Premièrement, l'étude 2 a analysé la performance relative aux stratégies d'autorégulation lors de l'augmentation de la complexité des problèmes, opérationnalisée par le nombre d'interactions nécessaires à la résolution (conformément aux théories de la charge cognitive intrinsèque, cf. section 2.2 du chapitre 3). Il y apparaît que les capacités de planification chutent de manière précipitée dès l'introduction d'une légère augmentation de complexité, alors que l'efficacité de la stratégie de contrôle reste semblable quel que soit le niveau de complexité du problème proposé. Ce constat nous permet de confirmer le rôle de pivot de la stratégie de contrôle dans le processus d'autorégulation (cf. chapitre 3, section 3.3.1), en ce qu'il permet de remédier aux limites rapides de la capacité de planification. Nous reprendrons cette observation dans la description des implications pédagogiques de nos résultats.

Deuxièmement, des analyses de la variation des scores de performance de la stratégie de contrôle ont été menées en fonction d'une augmentation de la charge cognitive non plus générée par la complexité des situations problèmes, mais par les activités de contrôle devant être effectuées par l'enfant (complexité du traitement demandé et non plus du problème lui-même). Plus précisément, cet accroissement de charge cognitive est réalisé par la suppression d'un support allégeant la charge cognitive de contrôle (la calculatrice, comparaison des études 2 et 3), ou par la nécessité de réaliser conjointement deux sous-stratégies de contrôle au lieu d'une seule (étude 4).

La comparaison des études 2 et 3 nous a permis de supposer que l'augmentation de la charge cognitive de traitement par la suppression de la calculatrice[13] engendre une diminution de la capacité relative au contrôle des opérations (cf. discussion de l'étude 3). L'étude 4 a ensuite mis en évidence une chute de l'efficacité de la sous-stratégie de vérification des résultats arithmétiques lorsqu'on passe d'une condition simple à double de contrôle (cf. sections 3.1 et 5 de l'étude 4). L'augmentation de la complexité de l'activité de traitement semble donc produire une action néfaste sur l'une ou l'autre des deux sous-stratégies, indiquant que la capacité cognitive de traitement est rapidement saturée dans les activités de contrôle (cf. implications pédagogiques). Il convient cependant de se demander pourquoi cet effet agit dans une situation sur la vérification des résultats arithmétiques et dans l'autre sur le contrôle des opérations.

Deux hypothèses explicatives nous paraissent pertinentes. D'une part, il est possible que la source de l'augmentation de la charge cognitive de traitement génère des niveaux d'efficacité différents. Ainsi, l'accroissement généré par la nécessité de produire des procédures de calcul coûteuses, et celle induite par l'augmentation du nombre de faits arithmétiques à contrôler (une ou deux sous-stratégies de contrôle), n'engendreraient pas les mêmes profils de contrôle et donc pas la même performance aux épreuves concernant cette stratégie. D'autre part, il existe un manque de fiabilité évident à comparer des résultats d'études différentes (malgré les méthodologies très semblables). Dans ce cas, les observations de l'étude 4 paraissent plus fiables, puisque cette recherche compare au sein d'une même récolte de données et avec une méthodologie exactement semblable deux conditions de charge cognitive différentes. Des études complémentaires sont nécessaires pour comparer ces deux hypothèses.

Troisièmement, les études 2 et 3 ont tenté de déterminer quels comportements sont sous-jacents à un contrôle efficace. Excepté dans les mouvements de vérification des résultats arithmétiques lors de la possibilité de recourir à une calculatrice (étude 2), le nombre des mouvements significatifs de contrôle n'a pas été associé à une efficacité de la mise en œuvre de cette stratégie. Ces résultats souffrent cependant de l'existence d'un biais, lié à l'explicitation de la présence d'une seule erreur dans chaque problème (cf. section 5.3 du chapitre 4, cf. infra). Malgré cette faiblesse méthodologique, ce constat semble indiquer que ce n'est pas la quantité de contrôles qui est déterminante pour un contrôle performant. Ce résultat corrobore d'ailleurs ceux observés par Bouffard et ses collaborateurs (Bouffard, 1998, Bouffard & Vezeau, 1998, Ferrari et al., 1998),

[13] L'emploi d'une calculatrice exige une charge cognitive moindre par rapport aux procédures de calcul non assistées (mentales ou écrites).

qui ont montré l'existence de comportements inappropriés de contrôle[14], mais s'oppose à une large part de la littérature qui considère implicitement que tout comportement de contrôle est en soi positif et utile à la réussite. Selon nous, c'est l'organisation des actions de contrôle qui aurait essentiellement un impact sur l'efficacité de cette stratégie. Nous supposons par exemple qu'un contrôle organisé systématiquement est plus efficace qu'un contrôle mené aléatoirement par l'élève. A l'inverse, nous constatons, à l'instar de Nguyen-Xuan et al. (1990), l'existence de profils de contrôle peu productifs, qui démontrent une sorte d'errance à travers les différentes étapes du problème. Des études qualitatives sont nécessaires pour documenter cette hypothèse, et comprendre les variables ou les profils de contrôle qui génèrent significativement une performance adéquate sur cette stratégie (cf. infra).

En termes méthodologiques, nos études ont permis d'évaluer la convergence de mesures diverses quant à la stratégie de contrôle. Nous avons pris pour référence les scores de performance de détection d'erreurs, qui évoquent l'efficacité du contrôle réalisé par l'enfant. Comme nous l'avons décrit largement dans le chapitre 3 (section 6), aucune mesure ne paraît entièrement satisfaisante pour garantir l'obtention de données fiables, et les mesures auto-rapportées, pourtant les plus couramment usitées, paraissent notamment fort critiquables. Nous avons donc évalué plusieurs indices établis à partir du degré de certitude fourni par l'enfant, et diverses mesures comportementales relatives au nombre de contrôles réalisés (chaque variable correspondant à un type de contrôle spécifique). Parmi les indices basés sur le degré de certitude (cf. section 4.9.1 du chapitre 4), l'indice de précision proposé par Nietfeld et Schraw (2002) est, sans conteste et de manière convergente dans les études 2 et 3, le meilleur révélateur de l'efficacité du contrôle. Au vu de l'intensité des co-variations avec la performance de contrôle, cette mesure apparaît comme un indice fiable d'une utilisation adéquate de cette stratégie. L'indice est calculé par la moyenne des différences entre le degré de certitude (variant entre 0 et 1) et le score de performance obtenu par l'enfant (0 ou 1), les différences étant calculées pour chaque item. Rappelons que nous n'avons évalué que des indices qui sont élaborés dans un rapport entre la certitude rapportée et la performance réelle obtenue. Sans cette confrontation, le degré de certitude correspond selon nous davantage à une représentation motivationnelle, et plus précisément au sentiment d'efficacité personnel (*self-efficacy*, cf. section 3.3.2 du chapitre 2).

A l'inverse, comme nous l'avons rapporté ci-dessus, l'association entre les variables comportementales (cf. section 4.8 du chapitre 4, et 4.3 du chapitre 5) et les scores de

[14] On retrouve d'ailleurs plus tôt cette idée dans les textes de Gavalek et Raphaël (1985), et de Miller (1994).

performance de contrôle s'est révélée rarement significative, et parfois négative. Ces mouvements significatifs restent par définition des mesures adéquates du comportement de contrôle, mais ne constituent pas des mesures fiables de *l'efficacité* du contrôle réalisé, c'est-à-dire des capacités de l'enfant relatives à cette stratégie.

L'élaboration des mesures liées au degré de certitude a également permis de s'intéresser à une question plus spécifique : la proportion des enfants sous-estimant et surestimant leur réussite. Alors que Paris et Winograd (1990) rapportent diverses études observant que les élèves ont tendance à surestimer leur performance passée ou ultérieure, nos recherches ont montré de manière persistante des résultats contradictoires. Ainsi, il apparaît dans les études 2, 3 et 4 des nombres relativement similaires d'élèves qui sous-estiment leur réussite et qui la surestiment, lorsque l'enfant doit conjointement réaliser deux sous-stratégies de contrôle (condition double). De plus, l'étude 4 a permis de mettre en évidence que les élèves soumis à une condition de contrôle simple ont à l'inverse une tendance à sous-estimer leur performance. Nous invitons le lecteur à se référer à la discussion de l'étude 4 pour une proposition d'interprétation de cette différence de résultats en condition simple et double de contrôle.

3. Limites générales

Nos résultats empiriques permettent de comprendre plus finement les mécanismes autorégulateurs chez l'élève de cinquième primaire. Ils corroborent la thèse de l'utilité des stratégies d'autorégulation dans la performance scolaire relative aux situations complexes que constituent les résolutions de problèmes arithmétiques. Tout travail doctoral impliquant son lot de choix et de restrictions du champ investigué, nos recherches se sont cependant attachées à des aspects spécifiques des stratégies d'autorégulation, et nos résultats ne restent donc valides que vis-à-vis de ces particularités. Nous synthétisons dans cette section les caractéristiques principales de notre cadre de recherche et des mesures effectuées, et les limites générales qui leur sont associées.

Suite aux descriptions théoriques des paradigmes de la métacognition et de l'apprentissage autorégulé (cf. chapitre 2), ainsi qu'à celles relatives à la mesure des mécanismes autorégulateurs (cf. section 6 du chapitre 3), nous avons premièrement opté pour l'étude des stratégies d'autorégulation (et non pas des connaissances métacognitives) en *situation « on-line »*, c'est-à-dire en cours de tâche. Les données ont dans ce sens été récoltées sur base de l'action d'enfants confrontés à des résolutions de problèmes, et non en les questionnant après-coup ou en dehors de toute situation.

Deuxièmement, l'étude des stratégies d'autorégulation a été menée dans le cadre de *tâches de production* (cf. section 4 du chapitre 2), dont l'enjeu est d'utiliser des connaissances antérieurement acquises pour produire des performances à des tâches spécifiques. Nous avons ainsi décrit explicitement ce qui a souvent été traité de manière confuse dans la littérature : les stratégies d'autorégulation concernent autant les situations de production que celles relatives à l'apprentissage.

Troisièmement, nos études se sont attachées à l'analyse des *capacités en situation isolée* relatives aux stratégies d'autorégulation, mesurées dans des situations où l'expérimentateur pose une demande explicite relative à une des stratégies. Comme nous l'avons décrit dans notre deuxième chapitre (cf. section 3.3.2), le fait de disposer de ces capacités ne garantit aucunement leur utilisation en situation naturelle de résolution de problèmes.

D'une part, cette « mise en œuvre spontanée » exige un engagement cognitif suscité en grande partie par les variables motivationnelles. Outre les études rapportées dans le chapitre 2 (section 3.3.2), une étude non décrite dans cette dissertation doctorale a par exemple mis en évidence l'influence du sentiment d'efficacité personnelle et de l'émotion d'anxiété mathématique sur les stratégies d'autorégulation (cf. Baiwir, Focant & Grégoire, 2004, Focant & Grégoire, 2004). Les résultats de cette recherche corroborent l'interprétation que nous avions posée sur base des observations d'une étude qualitative menée avec quatre enfants en difficulté dans les apprentissages mathématiques, également non rapportée directement dans ce texte (cf. Focant, 2004, présenté en annexe 1, cf. aussi section 4 du chapitre 3). Si nous n'avons pas pu prendre en compte les variables motivationnelles et émotionnelles dans les autres études menées, il convient cependant de rester conscient du fait que l'utilisation des stratégies d'autorégulation nécessite la mise en place d'un contexte motivationnel et émotionnel favorable.

D'autre part, l'enfant doit faire face en situation naturelle à une *double interactivité*, qui augmente vraisemblablement la charge cognitive de traitement, nécessitant une organisation du comportement non exigée dans nos épreuves. La première interactivité implique l'application parallèle des procédures relatives aux stratégies d'autorégulation, et des procédures arithmétiques (disciplinaires) de résolution. La seconde concerne la nécessité d'utiliser de manière flexible les diverses stratégies : l'enfant doit organiser lui-même le démarrage des stratégies d'autorégulation, alors que dans nos épreuves, il doit juste suivre la consigne de l'expérimentateur. Ces deux types d'interactivité pourraient générer des charges cognitives plus importantes que celles observées dans nos études, et dès lors impliquer des niveaux d'erreur plus importants si l'enfant n'organise pas son traitement.

Quatrièmement, nos recherches se sont limitées à l'étude des stratégies de détermination du but, de planification et de deux des quatre sous-stratégies de contrôle décrites dans notre troisième chapitre. D'une part, la stratégie de détermination du but ne fait référence qu'à la compréhension de la demande, soit de ce qui est attendu par l'enseignant (ou plus généralement par le tiers qui propose le problème). Elle ne prend donc nullement en compte la représentation plus globale de la tâche et des données. D'autre part, les stratégies d'autorégulation lors de la mise en œuvre de l'action n'ont été étudiées que partiellement. Ainsi, quant au contrôle, les sous-stratégies de monitoring et d'évaluation du progrès vers le but n'ont pas été empiriquement prises en compte (bien que la seconde interfère avec le contrôle des opérations, dans son sous-composant de contrôle de l'adéquation de l'intention, cf. section 3.3.1 du chapitre 3). De plus, la sous-stratégie de vérification des résultats n'a été estimée que dans sa perspective de contrôle empirique et jamais sous son mode logique (cf. même section), étant donné la volonté d'un contrôle observable quant à cette sous-stratégie. Enfin, si l'on peut être tenté de dire que la stratégie de régulation n'a pas été étudiée, il convient de nuancer cette affirmation. En effet, comme nous l'avons décrit dans la présentation de la méthodologie de l'étude 2, le score de réussite n'est attribué à un item que lorsque la correction proposée par l'enfant est exacte. Ce critère de cotation est nécessaire pour obtenir une fiabilité des scores de réussite (pour une justification, cf. section 3.1.3 du chapitre 4), mais implique que tout score positif correspond à une application efficace de la stratégie de contrôle ET de celle de régulation. L'appellation de contrôle a été gardée dans un souci de concision, et car la régulation ne constitue selon nous que l'aboutissement direct du contrôle qui a été effectué (cf. section 3.3.2 du chapitre 3). Les défauts de détection d'erreurs correspondraient dès lors à une lacune de la stratégie de contrôle plutôt qu'à une déficience de celle de régulation. Comme nous l'évoquerons infra, des études ultérieures devront cependant confirmer cette supposition.

Enfin, quant à la stratégie de contrôle, il reste que nos épreuves ont la caractéristique de ne pas demander à l'enfant de contrôler sa propre production, mais d'analyser des résolutions produites par des tiers. En situation naturelle, l'enfant est amené à conduire un processus de contrôle sur des procédures qu'il a lui-même sélectionnées et mises en œuvre. Dans les épreuves de nos études, la caractéristique du processus de contrôle est qu'il s'applique sur des opérations non choisies et effectuées par l'enfant. L'obtention de données fiables et standardisées nous paraît cependant très difficile sans recourir à des méthodes d'investigation proches des nôtres.

4. Perspectives pour les recherches ultérieures

Les résultats obtenus au cours de nos études mettent en évidence la nécessité de distinguer les diverses stratégies d'autorégulation, et les sous-stratégies qui les constituent. Dans les études ultérieures, l'élaboration de scores globaux devrait dès lors être évitée dans la mesure du possible. En termes des instruments de mesure, les manifestations comportementales révèlent certes les actions de contrôle de l'enfant, mais pas l'efficacité de celles-ci. A l'inverse, l'indice proposé par Nietfeld et Schraw (2002) semble une mesure fiable de cette efficacité. Rappelons que nous avons exprimé à diverses reprises que la constitution d'indices de contrôle basés sur le degré de certitude, sans confrontation aux résultats réels obtenus par l'enfant, doit définitivement être bannie selon nous. Ce genre de scores est informatif du niveau de confiance de l'enfant, mais ne peut en effet être rapporté comme un indice direct du contrôle. Les mesures de performance sur chacune des stratégies paraissent une alternative intéressante, malgré le défaut de la longueur de passation des épreuves et de la nécessité d'un contrôle rigoureux des connaissances disciplinaires. Diverses études de comparaison de méthodes multiples de récolte de données devraient, à la suite de Veenman (2003c, & van Hout-Wolters, 2003) notamment, être menées pour informer des mesures les plus fiables. Rappelons que chaque recherche doit, comme nous l'avons fait dans la section précédente de ce chapitre, informer le lecteur sur ce qui est réellement mesuré (capacité ou mise en œuvre par exemple).

Diverses recherches devraient être conduites dans la suite directe de nos travaux (voir aussi discussion des études 2, 3 et 4). Une première vague de recherches doit s'attacher à déterminer quelles sont les actions de contrôle les plus efficaces. Ces études peuvent être conduites sur base de notre épreuve de contrôle, avec les améliorations de programmation de l'étude 3 (cf. section 5 pour synthèse), mais en supprimant le biais lié au nombre d'erreur trop clairement énoncé (cf. discussion de l'étude 2, et section 2 de ce chapitre). D'une part, les analyses menées dans l'étude 3 pourraient être reproduites, dans le cas peu probable où le biais rappelé ci-dessus influencerait considérablement les résultats. D'autre part, comme nous l'avons évoqué en discussion de l'étude 3, c'est par des études qualitatives des profils individuels de contrôle que les comportements efficaces sous-jacents à cette stratégie peuvent selon nous être décryptés. Les enregistrements fournis par le logiciel nous permettent de suivre à la trace le comportement de contrôle d'un élève à un item (cf. section 3.1.3 du chapitre 4, et 3.1 du chapitre 5). Par exemple, nous pouvons établir la ligne de conduite suivante : CA1→OP1→OP2→CA3→etc., qui signifierait que l'élève a réalisé un contrôle CA sur la première étape de résolution, puis un contrôle OP sur cette même étape, ensuite un contrôle OP sur l'étape 2, et (sans avoir effectué de

contrôle CA sur cette deuxième étape) un contrôle CA sur l'étape 3. La comparaison d'élèves efficaces et non efficaces en contrôle devrait permettre de définir les caractéristiques des lignes de conduite les plus positives. La compréhension des comportements efficaces de contrôle est fondamentale, afin de savoir ce qu'il convient d'enseigner aux enfants dans les programmes de développement de la stratégie de contrôle.

Une deuxième vague d'études pourrait interroger quelle sous-stratégie de contrôle est la plus aisée à mener, et déterminer les facteurs qui influencent ces taux de réussite. Citons en exemples deux questions de recherche : l'introduction de la possibilité de recourir au mode logique de la sous-stratégie de vérification des résultats arithmétiques a-t-elle une influence sur la comparaison des scores de réussite relatifs aux deux sous-épreuves ? La vérification des résultats arithmétiques est-elle plus facile si le sujet dispose de l'entièreté du calcul écrit réalisé plutôt que la seule réponse finale (cf. discussion de l'étude 3) ?

Il serait également intéressant d'évaluer, dans un troisième type de recherches, quel est l'intérêt d'utiliser une calculatrice pour diminuer la charge cognitive de contrôle, par une comparaison de deux conditions d'une épreuve de détection d'erreurs (avec et sans calculatrice). Si la réponse est positive, les interventions pédagogiques pourraient moduler l'utilisation de ce support afin de générer des charges cognitives plus ou moins lourdes. De manière plus large, une quatrième étude pourrait interroger si la source de l'augmentation de la charge cognitive génère des actions défavorables sur des sous-stratégies de contrôle différentes. Cette étude ferait directement suite aux hypothèses explicatives décrites dans la section 2 de ce chapitre, et pourrait être réalisée en comparant différentes sources possibles d'accroissement de la charge cognitive (la suppression du recours possible à une calculatrice et le nombre de faits arithmétiques à vérifier en sont deux exemples) dans leur impact sur les scores de performance des deux sous-stratégies de contrôle.

Enfin, une cinquième étude pourrait porter sur la comparaison du nombre de sujets sous-estimant et surestimant leur réussite avant et après la conduite de la tâche. Nos études n'ont en effet examiné cette question que sur base des données récoltées après chaque item. L'intérêt d'une mesure préalable au traitement de la tâche concerne notamment la difficulté perçue de cette tâche. Comme le décrit Desoete (2001), la perception de la complexité d'une tâche incite l'enfant à un travail plus lent et plus attentif, en vue d'éviter les erreurs (cf. aussi section 2). De plus, une autre étude pourrait comparer les nombres d'enfants sous- et sur-estimateurs sur base d'une analyse par item (degré de certitude demandé à l'enfant après chaque item) et d'une autre plus globale (nombre d'items que l'enfant estime, à la fin de l'épreuve, avoir réussis).

Outre ces études s'inscrivant directement dans la suite des résultats de nos travaux, des recherches complémentaires doivent être menées, afin de guider directement la création de programmes d'intervention visant le développement des stratégies d'autorégulation.

Nos études ne se sont intéressées, quant à la stratégie de contrôle, qu'aux sous-stratégies de vérification des résultats arithmétiques et de contrôle des opérations. Des études complémentaires sont nécessaires pour informer diverses questions quant aux deux autres sous-stratégies présentées dans le chapitre 3 : le *monitoring* et le *contrôle du progrès réalisé vers l'atteinte du but*. Les enjeux du processus de monitoring concernent essentiellement l'augmentation de la charge cognitive de ce traitement réalisé simultanément à l'application des procédures elles-mêmes. L'enfant est-il capable de mener un monitoring efficace dans ce type d'activités complexes, ou convient-il de favoriser plutôt les contrôles a posteriori, réalisés séparément de l'application des procédures arithmétiques ? Quant à l'évaluation du progrès réalisé vers l'atteinte du but, il serait notamment utile d'estimer si cette sous-stratégie (réalisée a posteriori des actions arithmétiques) est peu influencée par l'augmentation de la complexité des problèmes, comme les deux sous-stratégies étudiées dans nos études.

Nous avons décrit dans la section précédente que nos recherches se sont attachées à l'analyse des capacités autorégulatrices de l'enfant en situation isolée. La confrontation de ce type de mesures avec des données obtenues en *situation naturelle* de résolution serait intéressante, afin d'évaluer dans quelle mesure l'enfant utilise, en situation de résolution, les capacités autorégulatrices dont il dispose. Cette question permettrait d'évaluer l'impact de l'augmentation de la charge cognitive générée par le caractère de double interactivité décrit dans la section précédente. Méthodologiquement, ce type de recherche est selon nous difficile à opérationnaliser, et devrait vraisemblablement être réalisée par le biais d'analyses qualitatives.

Dans nos études, l'évaluation du *développement* des capacités relatives aux stratégies d'autorégulation a été réalisée avec des échantillons restreints, laissant nos résultats peu généralisables à l'ensemble de la population scolaire de cinquième primaire ordinaire en communauté française de Belgique. Une étude avec un plus large échantillon serait nécessaire pour établir un bilan approfondi des capacités des enfants de cet âge. Des études supplémentaires doivent également être menées avec des élèves fréquentant différents cycles scolaires, du début de la scolarité primaire à la fin du secondaire, et avec le même type d'épreuves, afin d'évaluer de manière plus globale le parcours du développement des capacités relatives aux diverses stratégies.

Bien que nous n'ayons qu'effleuré ce sujet dans notre deuxième chapitre (cf. section 3.3.2), de nombreuses recherches ont été menées pour évaluer les liens entre diverses croyances motivationnelles (*motivational beliefs*) et les stratégies d'autorégulation. Par contre, l'exploration des relations entre les émotions académiques et les stratégies d'autorégulation utilisées dans nos recherches n'en est encore qu'à ses balbutiements (cf. Pekrun et al., 2002). Bien plus, à la suite des travaux de Wolters (1998) notamment, il serait bon de réaliser diverses recherches visant à identifier les mécanismes utilisés par les élèves pour générer des représentations motivationnelles et des états émotionnels positifs. Une meilleure compréhension de ces stratégies est capitale, étant donné les problèmes motivationnels rapportés régulièrement par les élèves vis-à-vis des situations scolaires.

Enfin, et surtout, il est essentiel d'élaborer divers types de *dispositifs d'intervention*, et de les évaluer dans une triple perspective. Premièrement, il convient d'apprécier dans quelle mesure il est possible de développer les capacités relatives à chacune des stratégies d'autorégulation (afin de conforter et préciser la littérature existante, cf. section 5.3 du chapitre 3). Deuxièmement, un dispositif expérimental centré autour d'une intervention ciblée sur une ou plusieurs stratégies d'autorégulation permettrait d'estimer dans quelle mesure l'acquisition ou le développement d'aptitudes autorégulatrices a un impact positif sur la réussite des résolutions de problèmes, autorisant ou infirmant l'affirmation d'une relation causale entre stratégies d'autorégulation et performance scolaire. Dans ces deux perspectives, la comparaison de programmes de durée et de fréquence variables (intervention ponctuelle ou plus suivie, durée de chaque séance, durée de l'intervalle entre deux séances, …) serait mené juste après les interventions, mais également à plus long terme afin d'évaluer la stabilité des résultats.

Troisièmement, l'évaluation de divers types d'interventions permettrait de déterminer quels sont les programmes les plus efficaces, et quels sont les paramètres déterminants de cette efficacité (durée et fréquence, type de pédagogie, contenu de l'intervention, …). Ces programmes, plus larges que ceux décrits dans le paragraphe précédent, doivent selon nous allier le développement de capacités isolées relatives aux diverses stratégies, et celui d'une habileté à les mettre en œuvre de manière interactive et flexible dans des situations naturelles de résolution. De plus, ils doivent combiner un développement des stratégies de détermination du but (voire d'analyse plus approfondie de la tâche), de planification, de contrôle et de régulation, mais également un développement d'aptitudes de gestion motivationnelle et émotionnelle (afin de générer un contexte favorable à la mise en œuvre des stratégies d'autorégulation citées). Enfin, il serait

judicieux de structurer des programmes différents en vue d'intervenir envers les élèves réguliers en groupes classes, et envers les élèves en difficultés d'apprentissage en groupes plus restreints.

5. Implications en terme de pratiques pédagogiques

Comme nous venons de le décrire dans les deux dernières sections, les résultats de nos recherches ne concernent qu'un angle particulier des stratégies d'autorégulation, se limitent à un public ciblé et à un contexte scolaire déterminé, et appellent de nombreuses études complémentaires. Il n'en reste pas moins que certaines implications pédagogiques émanent de ces résultats, et des interprétations qui en découlent.

De manière principale, nos études ont montré des liens très significatifs et intenses entre les stratégies d'autorégulation étudiées (de manière moindre cependant pour la vérification des résultats arithmétiques) et la performance scolaire. Bien que nous ne puissions affirmer aucun lien causal entre ces deux types de variables, nous pouvons présumer d'une influence positive des stratégies d'autorégulation dans la résolution de problèmes arithmétiques. Ayant constaté que ces stratégies peuvent être stimulées et développées chez l'enfant (cf. chapitre 3, section 5.2), nous supposons que l'application de programmes d'interventions ciblées sur ces stratégies améliore la performance d'élèves se situant aux niveaux de réussite inférieurs, et plus particulièrement d'élèves en difficultés majeures face aux activités de résolution de problèmes arithmétiques. Outre ces programmes plus élaborés, l'enseignant peut également stimuler ou conseiller l'enfant dans son utilisation de stratégies d'autorégulation de manière plus implicite et au quotidien de la vie de classe.

La prise de conscience par l'enseignant de l'utilité des stratégies d'autorégulation pour traiter des activités complexes que constituent les résolutions de problèmes peut l'amener à mieux faire face aux difficultés récurrentes des élèves dans ce contexte, et à réduire le désarroi et le sentiment d'impuissance souvent rapportés devant les déficiences présentées par les élèves (cf. section 1 du chapitre 1). Afin de l'aider à ce que ses conseils soient les plus judicieux possibles, nous rappelons certains résultats dont les implications pédagogiques sont directes, et qu'il convient dès lors de garder en mémoire.

Premièrement, les capacités d'autorégulation ne constituent *pas un phénomène unique*, mais doivent être différenciées en fonction des stratégies qui composent le processus global. Ainsi, il faut stimuler distinctement les stratégies de détermination du but, de planification et de contrôle. De même, les sous-stratégies de vérification des résultats arithmétiques et de contrôle des opérations semblent fonctionner relativement indépendamment.

Deuxièmement, les résultats de nos études indiquent l'intérêt d'inciter les enfants de cinquième primaire à privilégier des *boucles courtes d'autorégulation*, basées sur une planification très partielle des procédures arithmétiques à mettre en œuvre (une à deux étapes), et sur des contrôles plus nombreux et plus fréquents en cours de tâche, permettant des réajustements plus abondants et plus rapides. Une telle organisation des processus d'autorégulation permet en effet de s'adapter aux limites importantes des capacités de planification des enfants (chutant de manière significative dès l'augmentation d'un quelconque niveau de complexité des problèmes), tout en utilisant la ressource des stratégies de contrôle, qui ne semblent pas dépendantes du niveau de complexité de ces tâches (cf. section 5.2 du chapitre 4 pour une justification plus détaillée).

Troisièmement, nous avons constaté que la conduite simultanée de deux sous-stratégies de contrôle génère une charge cognitive élevée, engendrant une augmentation du nombre d'erreurs. Il est dès lors nécessaire d'inciter l'enfant à *organiser la conduite de ces deux modes de contrôle*, sous peine d'un contrôle déficient. Le traitement successif (plutôt que simultané) de ces deux stratégies permet par exemple de diminuer le risque d'erreurs. Secondairement, cette observation implique que chaque sous-stratégie nécessite une charge cognitive déterminée et relativement élevée. Etant donné que toute procédure de calcul mental ou écrit engage elle aussi une charge cognitive importante, l'application conjointe, en situation naturelle, des procédures arithmétiques et de contrôle génère vraisemblablement une saturation des limites de la mémoire de travail, et donc une diminution de la performance.

Deux manières de contourner ce problème existe selon nous. D'une part, l'utilisation de stratégies de *contrôle a posteriori* doit être privilégiée par rapport au mode de contrôle concurrent (monitoring). La charge cognitive à tout moment de la résolution en est ainsi réduite, étant plus répartie. D'autre part, *l'automatisation* des procédures génère une diminution de l'espace occupé en mémoire de travail (cf. section 2.3.2 du chapitre 3). Il serait dès lors utile que l'enseignant propose à ses élèves des activités de « procéduralisation » de chacune des stratégies décrites (il est bien entendu appelé à le faire également vis-à-vis des procédures de calculs).

Conclusion générale

Les connaissances arithmétiques sont nécessaires mais insuffisantes pour réussir de manière performante à résoudre des problèmes. Notre première étude a montré que les connaissances disciplinaires ne prédisent que 21 % des scores de performance scolaire en résolution de problèmes arithmétiques. Il ne suffit pas de disposer de ce type de prérequis, encore faut-il être capable de les utiliser à bon escient et efficacement.

Dans ce sens, les stratégies de détermination du but, de planification, de contrôle et de régulation appliquent une fonction de gestion, de coordination et de supervision de l'action de résolution, qui garantit un emploi optimal des connaissances disciplinaires à la disposition de l'individu. Issues des paradigmes de la métacognition et de l'apprentissage autorégulé, ces stratégies permettent à la fois de sélectionner les connaissances les plus pertinentes à la résolution du problème spécifique proposé, d'organiser les actions susceptibles de mener à la solution, de contrôler le choix et l'application des procédures arithmétiques, et surtout de réaliser une gestion de la charge cognitive de traitement de l'activité à tout moment de la résolution. Malgré que la mise en œuvre des stratégies d'autorégulation constitue un travail cognitif occupant une place importante en mémoire de travail, elle permet, essentiellement par une fonction de segmentation, de s'ajuster constamment aux limites de la charge cognitive gérable par l'individu.

Outre cette question de l'utilité des stratégies d'autorégulation, notre recherche théorique et empirique a permis d'apporter un éclairage sur la structure des mécanismes autorégulateurs et sur leur fonctionnement en cours de tâche, dans le contexte des problèmes arithmétiques (cf. chapitre 7, section 2). En termes structuraux, les diverses stratégies et sous-stratégies doivent être considérées comme distinctes, complémentaires et interactives. Le fait qu'elles participent à un même processus autorégulateur global n'empêche en effet pas l'observation empirique de la nécessité de leur différenciation. En termes de fonctionnement, le rôle de pivot de la stratégie de contrôle paraît renforcé par nos études, surtout dans les tâches les plus complexes, étant donné qu'elle paraît non influencée par la complexité des situations problèmes. Ce fait est d'autant plus important que la stratégie de planification est apparue très limitée chez les enfants de cinquième primaire observés.

Bien que diverses études complémentaires doivent encore être menées pour informer les questions subsistantes (cf. chapitre 7, section 4), la structuration de programmes d'intervention visant le développement de stratégies efficaces d'autorégulation constitue un enjeu majeur et une priorité. Les enseignants sont en effet en grande attente d'outils pédagogiques leur permettant de

faire face adéquatement aux difficultés qu'ils observent chez leurs élèves dans ce type de tâches scolaires. En agissant pour développer les stratégies d'autorégulation de leurs élèves, ces enseignants leur permettraient d'augmenter leur performance scolaire, et plus largement d'améliorer leur capacité à faire face à des situations complexes.

Références bibliographiques

Alaoui, A. (1998). Métacognition et construction de la connaissance chez les élèves en difficulté d'apprentissage. Dissertation doctorale non publiée, Université Laval, Québec, Canada.

Allaire, R., Pallascio, R., Lafortune, L., & Mongeau, P. (1998). L'activité métacognitive des Inuits dans la gestion de leur espace. Dans L. Lafortune, P. Mongeau et R. Pallascio (Eds.), Métacognition et compétences réflexives (pp. 147-164). Montréal, Québec : Logiques.

Anderson, J.R. (1980). Cognitive psychology and its implications. San Francisco: Freeman.

Anderson, J.R. (1983). The architecture of cognition. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Anderson, J.R. (1996). ACT. A simple theory of complex cognition. American Psychologist, 51, 355-365.

Ayres, P.L. (2001). Systematic mathematical errors and cognitive load. Contemporary Educational Psychology, 26, 227-248.

Baddeley, A.D. (1986). Working memory. Oxford: Clarendon Press.

Baddeley, A.D. (1992). La mémoire humaine : théories et pratiques. Grenoble, France : Presses universitaires de Grenoble.

Baffrey-Dumont, V. (1999). Pensée postformelle et jugement réflexif chez le jeune adulte. Dissertation doctorale non publiée, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique.

Baiwir, H., Focant, J., & Grégoire, J. (2004). Stratégies métacognitives, sentiment d'efficacité personnelle et anxiété mathématique en situation de résolution de problèmes arithmétiques chez des élèves de cinquième primaire. Mémoire de licence non publié, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique.

Baker, L., & Brown, A.L. (1984). Metacognitive skills in reading. In P.D. Pearson (Ed.), Handbook of reading research (pp. 353-394). New-York: Longman.

Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and actions: A social cognitive theory. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Bandura, A. (2003). Auto-efficacité : le sentiment d'efficacité personnelle. Bruxelles : De Boeck Université.

Bandura, A. (2004a, Avril). Motivation, estime de soi et action. Séance inaugurale de la Septième Biennale de l'Education et de la Formation, Lyon, France.

Bandura, A. (2004b, Avril). De l'apprentissage social au sentiment d'efficacité personnelle. Conférence présentée lors de la Septième Biennale de l'Education et de la Formation, Lyon, France.

Bannert, M. (2002). Managing cognitive load – Recent trends in cognitive load theory. Learning and Instruction, 12, 139-146.

Beal, C.R. (1990). The development of text evaluation and revision skills. Child Development, 61, 247-258.

Beal, C.R., Garrod, A.C., & Bonnitatibu, G.J. (1990). Fostering children's revision skills through training in comprehension monitoring. Journal of Educational Psychology, 82, 275-280.

Beckman, J. (1987). Metaprocesses and the regulation of behavior. In F. Halisch & J. Kuhl (Eds.). Motivation, intention and volition (pp. 371-386). Berlin: Springer-Verlag.

Bjorklund, D.F. (2000, third edition). Children's thinking: Developmental function and individual differences. Brooks-Cole Editions.

Boekaerts, M., & Niemivirta, M. (2000). Self-regulated learning: finding a balance between learning goals and ego-protective goals. In M. Boekaerts, P.R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), Handbook of self-regulation: Theory, research, and applications (pp. 417-451). San Diego, CA: Academic Press.

Boekaerts, M. (1996). Self-Regulated Learning at the jonction of cognition and motivation. European Psychologist, 1, 100-112.

Boekaerts, M. (1997). Self-Regulated Learning: a new concept embraced by researchers, policy makers, educators, teachers and students. Learning and Instruction, 2, 161-186.

Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: where we are today. International Journal of Educational Research, 31, 445-457.

Boekaerts, M. (2002). Bringing about change in the classroom: strenghts and weakness of the self-regulated learning approach. Learning and Instruction, 12, 589-604.

Bordeleau, L. (1994). Auto-efficacité et croyances attributionnelles : leur relation avec l'autorégulation et la performance chez des enfants ayant une difficulté spécifique d'apprentissage. Mémoire de maîtrise non publié (promoteur : T. Bouffard), Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec, Canada.

Borkowski, J.G., & Thorpe, P.K. (1994). Self-regulation and motivation: a life-span perspective on underachievement. In H. Schunk & B.J. Zimmerman (Eds.), Self-regulation of learning and performance: Issues and educational applications (pp. 45-74). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Bouffard, T (1998). Système de soi et métacognition. Dans L. Lafortune, P. Mongeau & R. Pallascio (Eds.), Métacognition et compétences réflexives (pp. 203-222). Montréal, Québec : Logiques.

Bouffard, T. (2001, Septembre). Profil motivationnel des élèves : Développement et impact des transitions scolaires. Conférence présentée à la Chaire de Pédagogie Universitaire, UCL, Louvain-la-Neuve, Belgique.

Bouffard, T., & Bordeleau, L. (1997). Perspectives métacognitives et motivationnelles de l'élève en difficulté spécifique d'apprentissage. Apprentissage et Socialisation, 18, 23-34.

Bouffard, T., & Vezeau, C. (1998). The development of the self-system and self-regulation among primary-shool children. In M. Ferrari & R.J. Sternberg (Eds.), Self-awareness: its nature and development (pp. 246-272). New-York: Guilford Press.

Boulet, A., Savoie, L., & Chevrier, J. (1996). Les stratégies d'apprentissages à l'université. Sainte-Foy, Québec : Presses de l'Université du Québec.

Boulet, A., Savoie, L., Chevrier, J., & Lefebvre, D. (n.d.). Inventaire des stratégies d'études et d'apprentissage des étudiantes et des étudiants universitaires. Université du Québec à Hull.

Braun, C.M.J. (2000). Neurospychologie du développement. Paris : Flammarion.

Brown, A.L. (1978). Knowing when, where and how to remember: a problem of metacognition. In R. Glaser (Ed.), Advances in instructional psychology. New-York: Halsted Press.

Brown, A.L., Bransford, J.D., Ferrara, R.A., & Campione, J.C. (1983). Learning, remembering, and understanding. In P.H. Mussen (Ed.), J.H. Flavell & E.M. Markman (Vol. Eds.), Handbook of child psychology: cognitive development (Vol. 3, pp. 77-166). New-York: Wiley.

Cardelle-Elawar, M. (1992). Effects of teaching metacognitive skills to students with low mathematics ability. Teaching and Teacher Education, 8, 109-121.

Cardelle-Elawar, M. (1995). Effects on metacognitive instruction on low achievers in mathematics problems. Teaching and Teacher Education, 11, 81-95.

Carlson, R., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). Learning and understanding science instructional material. Journal of Educational Psychology, 95, 629-640.

Caron, A. (2002). Programme Attentix : gérer, structurer et soutenir l'attention en classe. Montréal, Québec : Chenelière.

Carver, C.S., & Scheier, M.F. (2000). On the structure of behavioral self-regulation. In M. Boekaerts, P.R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), Handbook of self-regulation: Theory, research, and applications (pp. 42-85). San Diego, CA: Academic Press.

Carver, C.S., & Scheier, M.F. (1998). On the self-regulation of behavior. Cambridge: Cambridge University Press.

Case, R. (1985). Intellectual development. Orlando, FL: Academic Press.

Cavanaugh, J.C., & Borkowski, J.G. (1980). Searching for metamemory-memory connection: a developmental study. Developmental Psychology, 16, 441-453.

Chouinard, R. (1998). Motivation, autorégulation et intervention auprès d'élèves en difficultés. In Lafortune, L., Mongeau, P. & Pallascio, R. (Eds.), Métacognition et compétences réflexives pp. 101-129). Montréal, Québec : Logiques.

Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for behavioral sciences. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Cooper, G. (1998). Research into Cognitive Load Theory and Instructional Design at University of New South Wales (on-line).
Available: http://education.arts.unsw.edu.au/CLT_NET_Aug_97.HTML.

Corno, L. (1986). The metacognitive control components of self-regulated learning. Contemporary Educational Psychology, 11, 333-346.

Corno, L. (1993). The best-laid plan. Modern conceptions of volition and educational research. Educational Researcher, 22, 14-22.

Corno, L. (2001). Volitional aspects of self-regulated learning. In B.J. Zimmerman & D.H. Schunk (Eds.), Self-regulated learning and academic achievement: theorical perspective (pp. 191-226). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Cornoldi, C. (1998). The impact of metacognitive reflection on cognitive control. In G.Mazzoni & T.O. Nelson (Eds.), Metacognition and cognitive neuropsychology: Monitoring and Control Process (pp. 139-159). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Cornoldi, C.F., & Vianello, R. (1992). Metacognitive knowledge, learning disorders and mental retardation. In T.E. Scruggs & M. Mastropieri (Eds.), Advances in learning and behavioral disabilities (Vol. 7, pp. 87-134). Greenwich, CT: JAI.

Costermans, J. (1998). Les activités cognitives : raisonnement, décision et résolution de problèmes. Paris : De Boeck.

Day, J., French, L.A., & Hall, L. (1985). Social influences on cognitive development. In In D.L. Forrest-Pressley, G.E. MacKinnon & T. Gary Waller (Eds.), Metacognition, cognition, and human performance. Volume 2: instructional practices (pp. 33-56). Orlando, FL: Academic Press.

De Clercq, A., Desoete, A., & Roeyers, H. (2000). EPA2000: A multilingual, programmable computer of off-line metacognition in children with mathematical learning disabilities. Behavior Research Methods, Instruments & Computers, 32, 304-311.

De Corte, E. (2001). Designing powerful collaborative learning environments for mathematical problem solving. Lecture at the Francqui Chair, ULg, Liège, Belgium.

De Corte, E., & Somers, R. (1982). Estimating the outcome of a task as a heuristic strategy in arithmetic problem solving: A teaching experiment with sixth grade. Human Learning: a Journal of Practical Research and Applications, 1, 105-121.

De Corte, E., Verschaffel, L., & Op't Eynde, P. (2000). Self-regulation: a characteristic and a goal in mathematics education. In M. Boekaerts, P.R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), Handbook of self-regulation: Theory, research, and applications (pp. 687-727). San Diego, CA: Academic Press.

De Jong, F.P.C.M., & Simons, P.R.J. (1992). Training metacognitive processes of self-regulated learning. In B.Y.L. Wong (Ed.), Contemporary intervention research in learning disabilities: an international perspective (pp. 115-133). New-York: Springer-Verlag.

Dempster, F.N. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of cognitive development and aging. Developmental-Review, 12, 45-75.

Dermitzaki, I. (2003, Augustus). Second graders' self-regulated learning and self-concept: Their relationship to achievement and goal orientation. In A. Efklides (Chair), Self and others in the regulation of learning. Symposium conducted at the 10th Biennale Conference of the European Association for Research on Learning and Instruction, Padova, Italy.

Desoete, A. (2001). Off-line metacognition in children with mathematics learning disabilities. Unpublished doctoral dissertation, UGent University, Ghent, Belgium.

Desoete, A., & Roeyers, H. (2002). Off-line metacognition. A domain-specific retardation in young children with learning disabilities? Learning Disability Quarterly, 25, 123-139.

Desoete, A., & Roeyers, H. (2003, Augustus). Conditions for the training of prediction and evaluation skills in mathematical learning of Belgian third graders. In A. Zohar & M.V.J. Veenman (Chairs), Metacognitive development and training: conditions, difficulties and prospects. Symposium conducted at the 10th Biennial Conference of the European Association for Research on Learning and Instruction, Padova, Italy.

Desoete, A., Roeyers, H., & Buysse, A. (2001). Metacognition and mathematical problem solving in grade 3. Journal of Learning Disabilities, 34, 435-449.

Desoete, A., Roeyers, H., Buysse, A., & De Clercq, A. (2002). Dynamic assessment of metacognitive skills in young children with mathematics-learning disabilities. Learning Potential Assessment and Cognitive Training, 7, 307-333.

D'Hainaut, L. (1980). Des fins aux objectifs de l'éduction. Bruxelles : Labor.

Duffy, G.D., Roehler, L.R., Meloth, M.S., Vavrus, L.G., Book, C., Putnam, J., & Wesselman, R. (1986). The relationship between explicit verbal explanations during reading skill instruction and student awareness and achievement: A study of reading teacher effects. Reading Research Quaterly, 21, 237-252.

Duffy, G.D., Roehler, L.R., Sivan, E., Rackliffe, G., Book, C., Meloth, M.S., Vavrus, L.G., Wesselman, R., Putnam, J., & Bassiri, D. (1987). Effects of explaining the reasoning associated with using strategies. Reading Research Quaterly, 22, 347-368.

Efklides, A. (2003, Augustus). Metacognition and affect: What can metacognition experiences tell us about the learning process? Keynote presented at the 10th Biennale Conference of the European Association for Research on Learning and Instruction, Padova, Italy.

Efklides, A., & Fotini, D. (2003, Augustus). Feedback from one's own self and from the others: Their effect on affect. In A. Efklides (Chair), Self and others in the regulation of learning. Symposium conducted at the 10th Biennale Conference of the European Association for Research on Learning and Instruction, Padova, Italy.

Elias, C.L., & Berr, L.E. (2000). Self-regulation in young children: Is there a role for sociodramatic play? Early Childhood Research Quaterly, 17, 216-238.

Englert, C.S., Hiebert, E.H., & Stewart, S.R. (1988). Detecting and Correcting Inconstencies in the Monitoring of Expositery Prose. Journal of Educational Research, 81, 221-227.

English, L.D., & Halford, (1995). Mathematics education: models and processes. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Ericcson, K.A., & Simon, H.A. (1980). Verbal reports as data. Psychological Review, 87, 215-251.

Eysenck, M.W., & Keane, M.T. (1990). Cognitive psychology: a student's handbook. Hove, UK: Erlbaum.

Fagnant, A. (2002). Quelle compréhension du symbolisme mathématique au travers de la résolution de problèmes arithmétiques ? Dissertation doctorale non publiée, Université de Liège, Liège, Belgique.

Falardeau, M., & Loranger, M. (1993). Le choix des stratégies d'apprentissage dans différents contextes scolaires par l'élève du primaire et du secondaire. Revue canadienne de l'éducation, 18, 307-322.

Ferrari, M., Bouffard, T., & Rainville, L. (1998). What makes a good writer? Differences in good and poor writers' self-regulation of writing. Instructional Science, 26, 473-488.

Field, A. (2000). Discovering statistics using SPSS for Windows. London, UK: Sage.

Flavell, J.H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L.B. Resnick (Ed.), The nature of intelligence. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Flavell, J.H. (1981). Cognitive monitoring. In W.P. Dickson (Ed.), Children's oral communication skills (pp. 35-60). New York: Academic Press.

Flavell, J.H. (1987). Speculations about the nature and development of metacognition. In F.E. Weinert & R.H. Kluwe (Eds.), Metacognition, motivation and understanding (pp. 21-30). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Focant, J. (2002, Juillet). Identification des capacités d'autorégulation cognitive en résolution de problèmes mathématiques chez l'enfant de fin d'enseignement primaire. Dans A. Moisan (Prés.), Le sujet apprenant et communicationnel : L'individualisation aide-t-elle à se construire ? Symposium conduit à la Sixième Biennale Internationale de l'Education et de la Formation, Paris.

Focant, J. (2004). La régulation métacognitive : un enjeu majeur chez les enfants en difficulté dans les apprentissages scolaires. Handicap : revue en sciences humaines et sociales, 102.

Focant, J., & Grégoire, J. (2004, Avril). Résoudre des problèmes mathématiques : stratégies métacognitives, état émotionnel, représentations motivationnelles. Dans Larcher, C. (Prés.), Comment analyser et comprendre les situations didactiques ? Symposium conduit à la Septième Biennale Internationale de l'Education et de la Formation, Lyon, France.

Focant, J., & Grégoire, J. (à paraître). Les stratégies d'autorégulation cognitive : une aide à la résolution de problèmes arithmétiques. Dans M. Crahay, E. De Corte, J. Grégoire & L. Verschaffel : Apprendre et enseigner les mathématiques à l'enseignement primaire et secondaire. Bruxelles : De Boeck.

Fox, W. (1999). Statistiques sociales. Bruxelles : De Boeck.

Fuchs, L.S., Fuchs, D., Prentice, K., Burch, M., Hamlett, C.L., Owen, R., & Schroeter, K. (2003). Enhancing third-grade students mathematical problem solving with self-regulated learning strategies. Journal of Educational Psychology, 95, 306-315.

Gagné, E.D. (1985). The cognitive psychology of school learning. Boston: Little, Brown and Company.

Garcia, T., & Pintrich, P.R. (1994). Regulating motivation and cognition in the classroom: The role of self-schemas and self-regulatory strategies. In D.H. Schunk and B.J. Zimmerman (Eds.), Self-regulation of learning and peformance: Issues and educational applications (pp. 127-154). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Gavelek, J.R., & Raphael, T.E. (1985). Metacognition, instruction, and the role of questioning activities. In D.L. Forrest-Pressley, G.E. MacKinnon & T. Gary Waller (Eds.), Metacognition, cognition, and human performance. Volume 2: instructional practices (pp. 103-136). Orlando, FL: Academic Press.

Gelman, R. (2000). Domain Specificity and Variability in Cognitive Development. Child Development, 71, 854-856.

Gibbons, J.D. (1976). Nonparametric Methods for Quantitative Analysis. New-York: Holt, Rinehart and Winston.

Glenberg, A.M., & Epstein, W. (1987). Inexpert calibration of comprehension. Memory and Cognition, 15, 84-93.

Gombert, J.L. (1990). Le développement métalinguistique. Paris : P.U.F.

Gordon, C.J., & Braun, C. (1985). Metacognitive processes: reading and writing narrative discourse. In D.L. Forrest-Pressley, G.E. MacKinnon & T. Gary Waller (Eds.), Metacognition, cognition, and human performance. Volume 2: instructional practices (pp. 1-76). Orlando, FL: Academic Press.

Graham, S., & Harris, K.R. (1992). Self-regulated strategy development: programmatic research in writing. In B.Y.L. Wong (Ed.), Contemporary intervention research in learning disabilities: an international perspective (pp. 47-64). New-York: Springer-Verlag.

Grégoire, J., & Focant, J. (submitted). Child's development of addition and subtraction verification procedures at the primary school.

Grégoire, J., & Lafontaine, D. (1996) Evaluation externe en mathématique en troisième année de l'enseignement primaire. Résultats et commentaires (rapport de recherche). Ministère Belge de l'Education.

Grégoire, J., & Lafontaine, D. (1997). Evaluation externe en mathématique en cinquième année de l'enseignement primaire. Résultats et commentaires (rapport de recherche). Ministère Belge de l'Education.

Haberlandt, K. (1994). Cognitive psychology. Boston: Allyn & Bacon.

Halford, G.S. (1993). Children's understanding: the development of mental models. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Halford, G.S. (1999). The development of intelligence includes capacity to process relations of greater complexity. In M. Anderson (Ed.), The development of intelligence (pp. 193-213). Hove, UK: Psychology Press.

Halford, G.S., Wilson, W.H., & Phillips, S. (1998). Processing capacity by relational complexity: Implications for comparative, developmental and cognitive psychology. Behavioral and Brain Sciences, 21, 803-864.

Harnishfeger, K.K., & Bjorklund, D.F. (1990). Children's strategies: a brief history. In D.F. Bjorklund (Ed.), Children's strategies: contemporary views of cognitive development (pp. 1-22). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Hayes, J. R., & Flower, L. S. (1986). Writing research and the writer. American Psychologist, 41, 1106-1113.

Hoc, J.M. (1987). Psychologie cognitive de la planification. Grenoble, France : Presses universitaires de Grenoble.

Hoc, J.M. (1996). Supervision et contrôle de processus : la cognition en situation dynamique. Grenoble, France : Presses universitaires de Grenoble.

Jacobs, S.E., & Paris, S.G. (1987). Children's metacognition about reading: Issues of definition, measurement and instruction. Educational Psychologist, 22, 255-278.

Jonassen, D.H. (1997). Instructional design models for well structured and ill-structured problem solving learning outcomes. Educational Technology Research and Development, 45, 65-94.

Jonnaert, P. (1994). L'enfant-géomètre : une autre approche de la didactique des mathématiques à l'école fondamentale. Bruxelles : Plantyn.

Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). Levels of expertise and user-adapted formats of instructional presentations: a cognitive load approach. In A. Jameson, C. Paris & C. Tasso (Eds.), User modeling: proceedings of the sixth international conference, UM97 (pp. 261-272). New-York: Springer.

Kanfer, F.H., & Hagerman, S. (1987). A model of self-regulation. In F. Halisch & J. Kuhl (Eds.). Motivation, intention and volition (pp. 293-307). Berlin: Springer-Verlag.

Kendall, P.C., & Wilcox, L.E. (1979). Self-control in children: development of a rating scale. Journal of consulting and clinical psychology, 47, 1020-1029.

Kirschner, P.A. (2002). Cognitive load theory: implications of cognitive load theory on the design of learning. Learning and Instruction, 12, 1-10.

Kluwe, R.H. (1987). Executive decisions and regulation of problem solving behavior. In F.E. Weinert & R.H. Kluwe (Eds.), Metacognition, motivation and understanding (pp. 31-64). Hillsdale, NJ : Erlbaum.

Kopp, C.B. (1982). Antecedents of self-regulation: a developmental perspective. Developmental Psychology, 18, 199-214.

Kotovsky, K, Hayes, J.R., & Simon, H.A. (1985). Why are some problems hard ? Evidence from tower of Hanoï. Cognitive Psychology, 17, 248-294.

Kuhl, J. (2000). A functional-design approach to motivation and self-regulation: the dynamics of personality systems and interaction. In M. Boekaerts, P.R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), Handbook of self-regulation: Theory, research, and applications (pp. 111-170). San Diego, CA: Academic Press.

Kuhl, J. (1984). Volitional aspects of achievement motivation and learned helplessness: Toward a comprehensive theory of action control. In B.A. Maher & W.B. Maher (Eds.), Progress in experimental personality research (Vol.13, pp. 99-171). New-York: Academic Press.

Lafortune, L. (1998). Une approche métacognitive-constructiviste en mathématiques. In L. Lafortune, P. Mongeau & R. Pallascio (Eds.), Métacognition et compétences réflexives (pp. 313-331). Montréal, Québec : Logiques.

Lafortune, L., Jacob, S., & Hébert, D. (2000). Pour guider la métacognition. Sainte-Foy, Québec : Presses de l'Université du Québec.

Lafortune, L., Mongeau, P., & Pallascio, R. (2000). Une mesure des croyances et préjugés à l'égard des mathématiques. In R. Pallascio & L. Lafortune (Eds.), Pour une pensée réflexive en éducation (pp. 209-232). Sainte-Foy, Québec : Presses de l'Université du Québec.

Lafortune, L., & St Pierre, L. (1994). La pensée et les émotions en mathématiques. Métacognition et affectivité. Montréal, Québec : Logiques.

Lafortune, L., & St Pierre, L. (1996). L'affectivité et la métacognition dans la classe. Montréal, Québec : Logiques.

Laveault, D., & Grégoire, J. (2002). Introduction aux théories des tests en psychologie et sciences de l'éducation. Bruxelles : De Boeck.

Leach, C. (1979). Introduction to statistics: a nonparametric approach for the social science. Chichester, UK: John Wiley & Sons.

Lefebvre-Pinard, M. (1983). Understanding and auto-control of cognitive functions: implications for the relationship between cognition and behavior. International Journal of Behavioral Development, 6, 15-35.

Lefebvre-Pinard, M., & Pinard, A. (1985). Taking charge of one's cognitive activity: a moderator of competence. In E.D. Neimark, R. De Lisi & J.L. Newman (Eds.), Moderators of competence (pp. 191-211). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Legendre, R. (1993). Dictionnaire actuel de l'éducation. Montréal, Québec : Guérin.

Lemaire, P. (1999). La psychologie cognitive. Paris : De Boeck Université.

Lemos, S.L. (1999). Student's goals and self-regulation in the classroom. International Journal of Educational Research, 31, 471-485.

Le Ny, J.F. (1994). Contrôle. Dans H. Bloch, R. Chemama, A. Gallo, P. Leconte, J.F. Le Ny, J. Postel, S. Moscovici, M. Reuchlin & E. Vurpillot (Eds.), Grand Dictionnaire de la Psychologie (p.173). Paris : Larousse.

Locke, E.A., & Latham, G.P. (1990). A theory of goal setting and task performance. Englewood Cliffs, NJ: Prenctice Hall.

Loper, A.B., & Murphy, D.M. (1985). Cognitive self-regulatory training for underachieving children. In In D.L. Forrest-Pressley, G.E. MacKinnon & T. Gary Waller (Eds.), Metacognition, cognition, and human performance. Volume 2: instructional practices (pp. 223-265). Orlando, FL: Academic Press.

Lucangeli, D., & Cornoldi, C. (1999). Métacognition et mathématiques. In P.A. Doudin, D. Martin & O. Albanese (Eds.), Métacognition et éducation (pp. 265-294). Paris : Lang.

Masui, C., & De Corte, E. (1999). Enhancing learning and problem solving, two powerful and trainable learnings tools. Learning and Instruction, 9, 517-542.

Mayer, R.E. (1983). Thinking, problem solving, cognition. New-York: Freeman.

Mazzoni, G. (1999). Metaconnaissances et processus de contrôle. In P.A. Doudin, D. Martin & O. Albanese (Eds.), Métacognition et éducation (pp. 31-60). Paris : Lang.

McCombs, B.L., & Pope, J.E. (2000). Motiver ses élèves: donner le goût d'apprendre. Bruxelles : De Boeck.

Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. Psychological Review, 63, 81-97.

Miller, P.H. (1985). Metacognition and attention. In D.L. Forrest-Pressley, G.E. MacKinnon & T. Gary Waller (Eds.), Metacognition, cognition, and human performance. Volume 2: instructional practices (pp. 181-222). Orlando, FL: Academic Press.

Mongeau, P., Lafortune, L., Pallascio, R., & Allaire, R. (1998). Indice et structure de l'autorégulation métacognitive. In L. Lafortune, P. Mongeau & R. Pallascio (Eds.), Métacognition et compétences réflexives (pp. 245-259). Montréal, Québec : Logiques.

Montalvo, F.T., & Torres, M.C.G. (2004). Self-regulated learning: Current and future directions. Electronic Journal of Research in Educational Psychology, 2, 1-34. Available: http://www.investigacion-psicopedagogica.org/revista/articulos/3/english/Art_3_27.pdf

Nelson, T.O., & Narens, L. (1990). Metamemory: a theorical framework and new findings. In G. Bower (Ed.), The psychology of learning and motivation (Vol. 26, pp. 125-140). New-York: Academic Press.

Nelson, T.O., & Narens, L. (1994). Why investigate metacognition ? In Metcalfe, J. & Shimamura, A.P. (Eds.), Metacognition: Knowing about knowing (pp. 1-26). Cambridge, MA: MIT Press.

Newell, A., & Simon, H.A. (1972). Human problem solving. Englwoods Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Newman, R.S. (1994). Adaptive help-seeking: a strategy of self-regulated learning. In H. Schunk & B.J. Zimmerman (Eds.), Self-regulation of learning and performance: Issues and educational applications (pp. 283-304). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Nguyen-Xuan, A., Richard, J.F., & Hoc, J.M. (1990). Le contrôle de l'activité. In J.-F. Richard, C. Bonnet & R. Ghiglione (Eds.). Traité de psychologie cognitive : 2 - Le traitement de l'information symbolique (pp. 208-245). Paris : Bordas-Dunod.

Nietfeld, J.L., & Schraw, G. (2002). The effect of knowledge and strategy training on monitoring accuracy. Journal of Educational Research, 95, 131-142.

Noël, B. (1991). La métacognition. Bruxelles : De Boeck.

Noël, B., Romainville, M., & Wolfs, J.L. (1995). La métacognition : facettes et pertinence du concept en éducation. Revue française de pédagogie, 112, 47-56.

Normandeau, S., & Guay, F. (1998). Preschool behavior and first grade school achievement: the mediational role of cognitive self-control. Journal of Educational Psychology, 90, 111-121.

Olshavsky, J. (1976-1977). Reading as problem-solving: an investigation of strategies. Reading Research Quaterly, 12, 654-674.

O'Neil, H., & Abedi, J (1996). Reliability and validity of a state metacognitive inventory: Potential for alternative assessment. The Journal of Educational Research, 89, 234-245.

Op't Eynde, P., & De Corte, E. (2001, March). Students' mathematics-related beliefs: marrying cognition and emotion in mathematical problem solving. Lecture at the Francqui Chair, ULg, Liège, Belgium.

Paas, F.G.W.C (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: a cognitive-load approach. Journal of Educational Psychology, 84, 429-434.

Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and Instructional Design: Recent Developments. Educational Psychologist, 38, 1-4.

Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003b). Special issue: cognitive load theory (guests editors). Educational Psychologist, 38.

Pajares, F. (1996). Self-efficacy beliefs in academic settings. Review of Educational Research, 66, 543-578.

Palincsar, A.S., & Brown, A. (1984). Reciprocal teaching of comprehension fostering and comprehension monitoring activities. Cognition and Instruction, 1, 117-175.

Pallascio, R., Benny, M., & Patry, J. (2001). Pensée critique et pensée métacognitive. In P.A. Doudin, D. Martin & O. Albanese (Eds.). Métacognition et éducation : aspects transversaux et disciplinaires (pp. 1-20). Bruxelles : Peter Lang.

Paris, S.G., Cross, D.R., & Lipson, M.E. (1984). Informed strategies for learning: A program to improve children's awareness and comprehension skills. Child Development, 55, 2083-2093.

Paris, S.G., & Oka, E.R. (1986b). Self-regulated learning among exceptional children. Exceptional children, 53, 103-108.

Paris, S.G., & Winograd, P. (1990). How metacognition can promote academic learning and instruction. In B.F. Jones & L. Idol (Eds.). Dimensions of thinking and cognitive instruction (pp. 15-52). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Patrick, H., Ryan, A.M., & Pintrich, P.R. (1999). The differential impact of extrinsic and mastery goal orientations on males' and females' self-regulated learning. Learning and Individual Differences, 11, 153-171.

Patterson, C.J., Cosgrove, J.M., & O'Brien, R.G. (1980). Non verbal indicants of comprehension and non comprenhension in children. Developmental Psychology, 16, 38-48.

Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W., & Perry, R.P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: a program of qualitative and quantitative research. Educational Psychologist, 37, 91-105.

Phifer, S.J., & Glover, J.A. (1982). Don't take student's word for what they do while reading. Bulletin of the Psychonomic Society, 19, 194-196.

Pinard, A. (1986). Prise de conscience and taking charge of one's own cognitive functioning. Human Development, 29, 341-354.

Pintrich, P.R. (1999). The role of motivation in promoting and sustaining self-regulated learning. International Journal of Educational Research, 31, 459-470.

Pintrich, P.R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P.R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), Handbook of self-regulation: Theory, research, and applications (pp. 451-502). San Diego, CA: Academic Press.

Pintrich, P.R., & De Groot, E.V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. Journal of Educational Psychology, 82, 33-40.

Pintrich, P.R., & Schrauben, B. (1992). Students' motivational beliefs and their cognitive engagement in classroom academic tasks. In D.H. Schunk & J.L. Meece (Eds.), Student Perceptions in the Classroom (pp. 149-183). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Pintrich, P.R., & Schunk, D.H. (1996). Motivation in education: theory, research, and applications. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Pintrich, P.R., & Schunk, D.H. (2002, updated second edition). Motivation in education: theory, research, and applications. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Pintrich, P.R., Smith, D.A.F., Garcia, T., & McKeachie, W.J. (1991). A manuel for use for the MLSQ. Ann Arbor: University of Michigan, School of Education.

Pintrich, P.R., Smith, D.A.F., Garcia, T., & McKeachie, W.J. (1993). Reliability and

predictive validity of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MLSQ). Educational and Psychological Measurement, 53, 801-803.

Poirier Proulx, L. (1999). La résolution de problèmes en enseignement : cadre référentiel et outils de formation. Paris : De Boeck.

Pollock, E., Chandler, P., & Sweller, J. (2002). Assimiling complex information. Learning and instruction, 12, 61-86.

Prawat, R.S. (1989). Promoting access to knowledge, strategy, and disposition in students: a research synthesis. Review of Educational Research, 59, 1-41.

Pressley, M., Burkell, J., Cariglia-Bull, T., Lysynchuk, L., McGoldrick, J.A., Schneider, B., Snyder, B.L., Symons, S., & Woloshyn, V.E. (1990). Cognitive strategy instruction that really improve children's academic performance. Brooklin books.

Rasmussen, J. (1986). Information processing and human-machine interaction. Amsterdam: North-Holland.

Reed, S.K. (1999). Cognition : théories et applications. Bruxelles : De Boeck

Richard, J.F. (1998, deuxième édition mise à jour). Les activités mentales : comprendre, raisonner, trouver des solutions. Liège : Armand Colin.

Richer, J., Mongeau, P., Lafortune, L., Deaudelin, C., Doudin, P.A., & Martin, D. (2003). Outil d'évaluation de la métacognition : processus de validation et utilisation à des fins pédagogiques. Manuscript non publié.

Ridley, D.S., Schutz, P.A., Glanz, R.S., & Weinstein, C.E. (1992). Self-regulated learning: The interactive influence of metacognitive awareness and goal setting. Journal of Experimental Education, 60, 293-306.

Roegiers, X. (1993). Guide mathématique de base pour l'école primaire. Bruxelles : De Boeck et Larcier.

Rojas-Drummond, S., Hernandez, G., Vélez, M., & Villagran, G. (1998). Cooperative learning and the appropriation of procedural knowledge by primary school children. Learning and Instruction, 8, 37-61.

Romano, G. (1992). Comment favoriser le développement des habiletés de pensée chez les élèves ? Pédagogie collégiale, 6, 17-21.

Romainville, M. (2000). Savoir comment apprendre suffit-il à mieux apprendre ? In R. Pallascio & L. Lafortune (Eds.), Pour une pensée réflexive en éducation (pp.71-86). Sainte-Foy, Québec : Presses de l'Université du Québec.

Royer, J.M., Cisero, C.A., & Carlo, M.S. (1993). Techniques and procedures for assessing cognitive skills. Review of Educational Research, 63, 201-243.

Ryle, G. (1949). The concept of mind. London: Hutchinson.

Salomon, G. (2003, Augustus). Discussant in M.V.J. Veenman (Chair), The assessment of metacognition. Symposium conducted at the 10th Biennale Conference of the European Association for Research on Learning and Instruction, Padova, Italy.

Saint-Pierre, L. (1994). La métacognition, qu'en est-il ? Revue des Sciences de l'Education, 20, 529-545.

Sawyer, R.J., Graham, S., & Harris, K.R. (1992). Direct teaching, strategy instruction and strategy instruction with explicit self-regulation: Effects on the composition skills and self-efficacy of students with learning disabilities. Journal of Educational Psychology, 84, 340-352.

Schneider, W. (1985). Developmental trends in the metamemory-memory behavior relationship: An integrative review. In D.L. Forrest-Pressley & G.E. McKinnon (Eds.), Metacognition, cognition and human performance (pp. 57-109). Orlando, FL: Academic Press.

Schneider, W. (1998). The development of procedural metamemory in childhood and adolescence. In G.Mazzoni & T.O. Nelson (Eds.), Metacognition and cognitive neuropsychology: Monitoring and Control Process (pp. 1-21). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Schoenfeld, A.H. (1985). Mathematical Problem Solving. New-York: Academic Press.

Schoenfeld, A.H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. In D.A. Grouws (Eds.), Handbook of research on mathematics learning and teaching (pp. 334-370). New-York: MacMillan.

Schraw, G., & Dennison, R.S. (1994). Assessing metacognitive awareness. Contemporary Educational Psychologist, 19, 460-475.

Schunk, D.H. (1985a). Participation in goal setting: effects on self-efficacy and learning disabled children. Journal of Special Education, 19, 307-317.

Schunk, D.H. (1985b). Self-efficacy and school learning. Psychology in the Schools, 22, 208-223.

Schunk, D.H. (1989). Social cognitive theory and self-regulated learning. In B.J. Zimmerman & D.H. Schunk (Eds.), Self-regulated learning and academic achievement: Theory, research and practice (pp. 83-110). New-York: Springer.

Schunk, D.H. (2001). Social cognitive theory and self-regulated learning. In B.J. Zimmerman & D.H. Schunk (Eds.). Self-regulated learning and academic achievement: Theorical perspectives (pp. 125-152). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Schunk, D.H., & Zimmerman, B.J. (1994). Self-regulation of learning and peformance: Issues and educational applications. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Schunk, D.H., & Zimmerman, B.J. (1998). Self-regulated learning: From teaching to self-reflective practice. New-York: Guilford.

Sexton, M., Harris, K.R., & Graham, S. (1998). Self-regulated strategy development and the writing process: effects on essay writing and attributions. Exceptional Children, 64, 295-311.

Shah, J.Y., & Kruglanski, A.W. (2000). Aspects of goal networks: implications for self-regulation. In M. Boekaerts, P.R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), Handbook of self-regulation: Theory, research, and applications (pp. 86-110). San Diego, CA: Academic Press.

Shapiro, S.L., & Schwartz, G.E. (2000). The role of intention in self-regulation: toward intentional systemic mindfulness. In M. Boekaerts, P.R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), Handbook of self-regulation: Theory, research, and applications (pp. 255-274). San Diego, CA: Academic Press.

Siegler, R.S. (2001). Enfant et raisonnement : le développement cognitif de l'enfant. Bruxelles : De Boeck.

Sperling, R.A., Howard, B.C., Miller, L.A., & Murphy, C. (2002). Measures of children's knowledge and regulation of cognition. Contemporary educational psychology, 27, 51-79.

Stankov, L. (2000). Structural extensions of a hierarchical view on human cognitive abilities. Learning and Individual Differences, 12, 35-51.

Sternberg, R.J. (1996). Cognitive psychology. Orlando, FL: Holt, Rinehart & Winston.

Stevens, R.J., Madden, N.A., Slavin, R.E., & Farnisch, A.M. (1987). Cooperative integrated reading and composition: Two field experiments. Reading Research Quaterly, 22, 433-545.

Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty and instructional design. Learning and Instruction, 4, 295-312.

Tardif, J. (1992). Pour un enseignement stratégique. L'apport de la psychologie cognitive. Montréal, Québec : Logiques.

Temple, C. (1997). Developmental cognitive neuropsychology. Hove, UK: Psychology Press.

Thiede, K.W. , Anderson, M.C.M., & Therriault, D. (2003). Accuracy of metacognitive monitoring affects learning of texts. Journal of Educational Psychology, 95, 66-73.

Umiltà, C., & Stablum, F. (1998). Control processes explored by the study of closed-head-injury patients. In G. Mazzoni & T.O. Nelson (Eds.), Metacognition and cognitive neuropsychology: Monitoring and Control Process (pp. 37-52). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Valcke, M. (2002). Cognitive load: updating the theory? Learning and Instruction, 12, 147-154.

Van der Linden, M., Meulemans, T., Seron, X., Coyette, F., Andres, P., & Prairial, C. (2000). L'évaluation des fonctions exécutives. In X. Seron & M. Van der Linden (Eds.), Traité de neuropsychologie clinique, tome I (pp. 253-268). Marseille: Solal

Vauras, M., Rauhanummi, T., Kinnunen, R., & Lepola, J. (1999). Motivational vulnerability as a challenge for educational interventions. International Journal of Educational Research, 31, 515-531.

Veenman, M.V.J. (2003a, Augustus). Discussant in J.E.H. van Luit (Chair), A better look at intelligence and its application. Symposium conducted at the 10th Biennale Conference of the European Association for Research on Learning and Instruction, Padova, Italy.

Veenman, M.V.J. (2003b, Augustus). Discussant in A. Zohar & M.V.J. Veenman (Chairs), Metacognitive development and training: conditions, difficulties and prospects. Symposium conducted at the 10th Biennale Conference of the European Association for Research on Learning and Instruction, Padova, Italy.

Veenman, M.V.J. (2003c). The assessment of metacognitive skills: What can be learned from multi-method designs? In B. Moschner & C. Artelt (Eds.), Lernstrategien und Metakognition: Implikationen für Forschung und Praxis.

Veenman, M.V.J., & van Hout-Wolters, B.H.A.M. (2003, Augustus). The assessment of metacognitive skills: What can be learned from multi-method designs? In M.V.J. Veenman (Chair), The assessment of metacognition. Symposium conducted at the 10th Biennale Conference of the European Association for Research on Learning and Instruction, Padova, Italy.

Vermeer, H.J., Boekaerts, M., & Seegers, G. (2000). Motivational and gender differences: sixth-grade students' mathematical problem-solving behavior. Journal of Educational Psychology, 92, 308-315.

Verschaffel, L., Greer, B., & De Corte, E. (2000). Making sense of word problems. Lisse, The Nederlands: Swets & Zeitlinger.

Vezeau, C., Bouffard, T., & Tétreault, F. (1997). Impact du type de bus et du sentiment d'auto-efficacité sur l'autorégulation et la performance dans une tâche cognitive. Journal International de Psychologie, 32, 1-14.

Viau, R. (1994). La motivation en contexte scolaire. Bruxelles : De Boeck.

Vygotsky, L.S. (1978). Mind in society: the development of higher psychological processes. Cambridge: Harvard University Press.

Wang, M.C., Haertel, G.D., & Walberg, H.J. (1990). What influences learning? A context analysis of review literature. Journal of Educational Research, 84, 30-43.

Weinstein, C.E., & Hume, L.M. (2001). Stratégies pour un apprentissage durable. Bruxelles : DeBoeck.

Weinstein, C.E., & Mayer, R.E. (1986). The teaching of learning strategies. In M.C. Wittrock (Ed.), Handbbok of research on teaching (pp. 315-327). New-York: Macmillan.

Weinstein, C.E., Schultz, A., & Palmer, D. (1987). LASSI: Learning ans study strategies inventory. Clearwater, FL: H & H Publishing.

Winne, P.H. (1995). Inherent details in self-regulated learning. Educational Psychologist, 30, 173-187.

Winne, P.H. (1996). A metacognitive view of individual differences in self-regulated learning. Learning and Individual Differences, 8, 327-353.

Winne, P.H. (2001). Self-regulated learning viewed from models of information processing. In B.J. Zimmerman & D.H. Schunk (Eds.), Self-regulated learning and academic achievement: theorical perspective (pp. 153-190). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Winne, P.H., & Perry, N.E. (2000). Measuring self-regulated learning. In M. Boekaerts, P.R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), Handbook of self-regulation: Theory, research, and applications (pp. 750-768). San Diego, CA: Academic Press.

Winograd, P., & Hare, V.C. (1988). Direct instruction of reading comprehension strategies: The nature of teacher explanation. In E.T. Goetz, P. Alexander & C. Weinstein (Eds.), Learning and study strategies: Assessment instruction, and evaluation (pp. 121-140). New-York: Academic Press.

Wolfs, J.L. (1998). Méthodes de travail et stratégies d'apprentissage : Du secondaire à l'université. Bruxelles : De Boeck.

Wolters, C.A. (1998). Self-regulated learning and college students' regulation motivation. Journal of Educational Psychology, 90, 224-235.

Wolters, C.A., & Rosenthal, H. (2000). The relation between students' motivational beliefs and their use of motivational regulation strategies. International Journal of Educational Research, 33, 801-820.

Wong, B.Y.L. (1982). Strategic behaviors in selecting retrieval cues in gifted, normal achieving and learning-disabled children. Journal of Learning Disabilities, 15, 33-37.

Wong, B.Y.L. (1985). Metacognition and learning disabilities. In D.L. Forrest-Pressley, G.E. MacKinnon & T. Gary Waller (Eds.), Metacognition, cognition, and human performance. Volume 2: instructional practices (pp. 137-180). Orlando, FL: Academic Press.

Yeung, A.S., Jin, P., & Sweller, J. (1998). Cognitive load and learner expertise: split-attention and redundancy effects in reading with explanatory notes. Contemporary Educational Psychology, 23, 1-21.

Zeidner, M. (1998). Test anxiety: the state of the art. New-York: Plenum.

Zimmerman, B.J. (2001). Theories of self-regulated learning and academic achievement: an overview and analysis. In B.J. Zimmerman & D.H. Schunk (Eds.). Self-regulated learning and academic achievement: Theorical perspectives (pp. 1-38). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Zimmerman, B.J. (1989). Models of self-regulated learning and academic achievement. In B.J. Zimmerman & D.H. Schunk (Eds.), Self-regulated learning and academic achievement: Theory, research and practice (pp. 1-26). New-York: Springer.

Zimmerman, B.J. (1989b). A social cognitive view of self-regulated academic learning. Journal of Educational Psychology, 81, 329-339.

Zimmerman, B.J. (1998). Developing self-fulfilling cycles of academic regulation: an analysis of exemplary instructional models. In D.H. Schunk & B.J. Zimmerman (Eds.), Self-regulated learning: from teaching to self-reflective practice (pp. 1-19). New-York: Guilford Press.

Zimmerman, B.J. (1999). Commentary: toward a cyclically interactive view of self-regulated learning. International Journal of Educational Research, 31, 545-551.

Zimmerman, B.J. (2000). Attaining Self-Regulation: A social cognitive perspective. In M. Boekaerts, P.R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), Handbook of self-regulation: Theory, research, and applications (pp. 13-41). San Diego, CA: Academic Press.

Zimmerman, B.J., Bonner, S., & Kovach, R. (2000). Des apprenants autonomes : Autorégulation des apprentissages. Bruxelles : De Boeck.

Zimmerman, B.J., & Kitsantas, A. (1999). Acquiring writing revision skill: Shifting from process to outcome self-regulatory goals. Journal of Educational Psychology, 91, 241-250.

Zimmerman, B.J., & Martinez-Pons, M. (1986). Development of a structured interview for assessing students use of self-regulated learning strategies. American Educational Research Journal, 23, 614-628.

Zimmerman, B.J., & Martinez-Pons, M. (1988). Construct validation of a strategy model of student self-regulated learning. Journal of Educational Psychology, 80, 284-290.

Zimmerman, B.J., & Martinez-Pons, M. (1990). Student differences in Self-Regulated Learning: Relating Grade, Sex, and Giftedness to Self-Efficacy and Strategy Use. Journal of Educational Psychology, 82, 51-59.

Zimmerman, B.J., & Martinez-Pons, M. (1992). Perceptions of Efficacy and Strategy use in the Self-Regulation of Learning. In D.H. Schunk & J.L. Meece (Eds.), Student Perceptions in the Classroom (pp. 185-207). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Zimmerman, B.J., & Schunk, D.H. (1989). Self-regulated learning and academic achievement: Theory, research and practice. New-York: Springer.

Tables des matières

Introduction *0*

Chapitre 1 : Résolution de problèmes arithmétiques et connaissances disciplinaires à l'école primaire *3*

1. Introduction **3**

2. Caractérisation des problèmes verbaux arithmétiques **3**

3. Les connaissances disciplinaires en résolution de problèmes arithmétiques **6**

4. Etude 1 ..... **8**

4.1. Problématique et hypothèses 8

4.2. Méthode 9

4.2.1. Echantillon 9

4.2.2. Épreuves 10

4.3. Résultats 13

4.3.1. En rapport à l'hypothèse 1 13

4.3.2. En rapport à l'hypothèse 2 15

4.4. Discussion et conclusion 15

Chapitre 2 : Métacognition et apprentissage autorégulé *17*

1. Introduction **17**

2. La métacognition **17**

2.1. Qu'est-ce que la métacognition ? 17

2.2. Les connaissances métacognitives 18

2.3. La régulation métacognitive 21

2.4. Précisions sur le concept de métacognition 22

3. L'apprentissage autorégulé **25**

3.1. Qu'est-ce que l'apprentissage autorégulé ? 25

3.2. Un modèle général de l'apprentissage autorégulé 26

3.3. L'apprentissage autorégulé : des composants motivationnels, affectifs, volitifs, cognitifs et de gestion des ressources 29

3.3.1. La régulation cognitive 29

3.3.2. La régulation motivationnelle et émotionnelle 32
3.3.3. La régulation des facteurs contextuels et environnementaux 36

4. Conclusion 40

Chapitre 3 : Les stratégies d'autorégulation 43

1. Introduction 43

2. Mémoire de travail et charge cognitive 43

2.1. La mémoire de travail et ses limites 43
2.2. Charge cognitive et complexité 46
2.3. Gérer la charge cognitive de la tâche en cours 49
2.3.1. Les schémas et le "collapsing" 49
2.3.2. L'automatisation 50
2.3.3. La segmentation 51
2.4. Conclusion 51

3. Les stratégies d'autorégulation en résolution de problèmes 52

3.1. Le concept de stratégie 52
3.2. Les stratégies de préparation de l'action : optimaliser la mise en route 53
3.2.1. La détermination du but 55
3.2.2. La planification 58
3.2.3. Conclusion 61
3.3. Les stratégies de contrôle et de régulation : optimaliser la mise en œuvre 62
3.3.1. Le contrôle 62
3.3.2. La régulation 68
3.3.3. La régulation : charnière vers la circularité de l'autorégulation 71
3.3.4. Conclusion 73
3.4. Conclusion 74

4. L'utilité envers la performance scolaire 75

5. Le développement des stratégies d'autorégulation 80

5.1. Le développement naturel des stratégies d'autorégulation 80
5.2. Les programmes visant le développement des stratégies d'autorégulation 83
5.3. Conclusion 87

6. La mesure des stratégies d'autorégulation 87

6.1. Les mesures rapportées et la question de la conscience 88
6.1.1. Quelles méthodes ? 88
6.1.2. La mise en œuvre des stratégies d'autorégulation est-elle consciente ? 90
6.1.3. La mise en œuvre des stratégies d'autorégulation est-elle conscientisable ? ... 93
6.1.4. Conclusion 93
6.2. Les mesures comportementales et indicielles 94
6.3. Conclusion 96
7. Conclusion 97
Chapitre 4 : Etude 2 101
1. Introduction 101
2. Questions de recherche et hypothèses 102
3. Méthode 104
3.1. Epreuves 104
3.1.1. Epreuve de performance en résolution de problèmes 105
3.1.2. Epreuve de détermination du but et de planification 105
3.1.3. Epreuve de contrôle 106
3.1.4. Contrôle des connaissances disciplinaires 108
3.2. Echantillon et procédure 109
4. Résultats 110
4.1. Etablissement des scores pour chaque stratégie 110
4.2. Analyse de la normalité de la distribution des variables 111
4.3. Bilan des capacités autorégulatrices (question 1) 112
4.3.1. Stratégie de détermination du but 112
4.3.2. Stratégie de planification 113
4.3.3. Stratégie de contrôle 113
4.4. Différences interindividuelles (question 2) 114
4.5. Relations entre les stratégies d'autorégulation et la performance scolaire (question 3) 116
4.6. Relations entre les stratégies d'autorégulation (question 4) 117
4.7. Influence de la complexité sur l'efficacité des stratégies d'autorégulation (question 5) 118
4.8. Mesures comportementales et performance de contrôle (question 6) 123

4.9. Fiabilité des mesures indicielles de contrôle (question 7) 126
4.9.1. Présentation des scores liés au degré de certitude 126
4.9.2. Score de précision et jugement d'exactitude 127
4.9.3. Sous-estimation et surestimation 128
4.9.4. Concordance des mesures indicielles et comportementales 130

5. Discussion 131
5.1. Quant aux lacunes et contradictions de la littérature 131
5.2. Quant à la structure théorique des mécanismes autorégulateurs 133
5.3. Quant à la mesure de la stratégie de contrôle 134

6. Conclusion 136

Chapitre 5 : Etude 3 139

1. Introduction 139

2. Questions de recherche et hypothèses 141

3. Méthode 142
3.1. Epreuves 142
3.2. Echantillon et procédure 144

4. Résultats 145
4.1. Résultats préliminaires 145
4.1.1. Analyses des niveaux de réussite liés aux connaissances disciplinaires 145
4.1.2. Définition de l'échantillon pour les analyses liées à la stratégie de contrôle 147
4.1.3. Analyse de la normalité de la distribution des variables 148
4.2. Résultats concernant les niveaux de réussite des variables de contrôle (question 1) 149
4.2.1. Liens entre performance scolaire et contrôle 149
4.2.2. Liens entre les sous-stratégies de contrôle et de leur réussite 151
4.3. Résultats concernant les mesures comportementales du contrôle (question 2) 152
4.4. Résultats liés au degré de certitude (question 3) 155

5. Discussion 156

Chapitre 6 : Etude 4 161

1. Introduction 161

2. Questions de recherche et hypothèses 163

3. Méthode 164

3.1. Epreuves 164

3.2. Echantillon et procédure 165

4. Résultats 166

4.1. Analyses préliminaires 166

4.1.1. Analyse des niveaux de réussite liés aux connaissances disciplinaires 166

4.1.2. Définition de l'échantillon pour les analyses liées à la stratégie de contrôle . 169

4.1.3. Analyse sur la normalité de la distribution des variables 171

4.2. Résultats relatifs à la stratégie de contrôle 171

4.2.1. Proportions de réussite en conditions simple et double (question 1) 171

4.2.2. Valence de la distorsion du degré de certitude (question 2) 175

5. Discussion 176

5.1. Quant à l'influence de la charge cognitive sur la réussite du contrôle 176

5.2. Quant aux sous-estimations et surestimations de la performance de contrôle 177

Chapitre 7 : Discussion générale 179

1. Introduction 179

2. Résultats principaux et interprétations 179

3. Limites générales 184

4. Perspectives pour les recherches ultérieures 187

5. Implications en terme de pratiques pédagogiques 191

Conclusion générale 193

Références bibliographiques 195

Annexes