

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 souhaitons 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 $2 \times 3=6$). 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.

<i>Ecole</i>	<i>Réseau</i>	<i>Milieu de vie</i>	<i>Milieu socio-économique</i>	<i>Province</i>
<i>Ecole 1</i>	Libre	Citadin	Aisé	Brabant Wallon
<i>Ecole 2</i>	Libre	Rural	Ouvrier/agricole	Hainaut
<i>Ecole 3</i>	Officiel	Rural	Aisé	Brabant Wallon
<i>Ecole 4</i>	Libre	Citadin	Aisé	Hainaut
<i>Ecole 5</i>	Libre	Citadin	Divers	Hainaut
<i>Ecole 6</i>	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 (α standardisé = .77, moyenne des corrélations inter-items = .23). L'ensemble des items semble adéquat puisque l' α 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 (α standardisé = .77, moyenne des corrélations inter-items = .22). L'ensemble des items semble adéquat puisque l' α 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 α 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 α standardisé de .73 (moyenne des corrélations inter-items = .31). Bien que cet α 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' α 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).¹

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.

¹ 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 concernant la sous-stratégie de vérification des résultats.

Comme nous en avons 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 avons 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-c², 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.

² 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 ³)	> .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.

³ 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'avons 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.

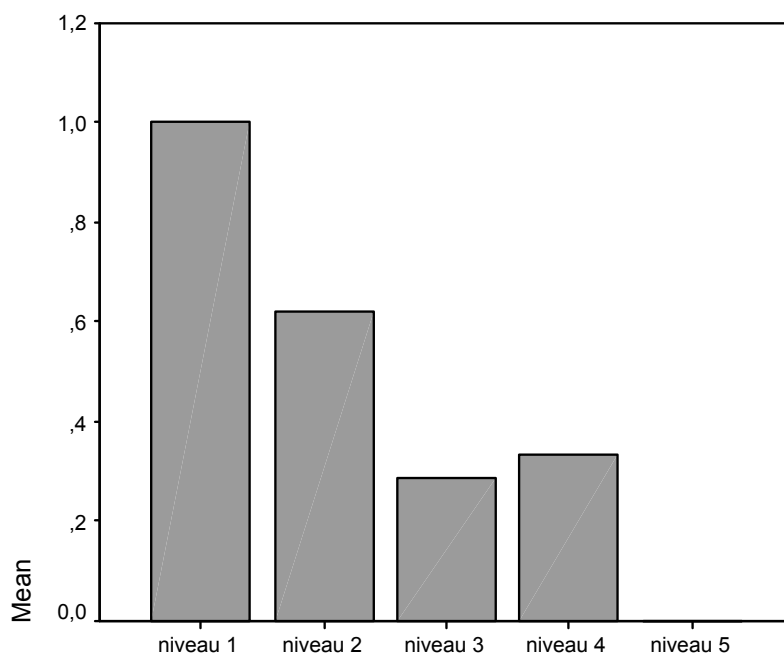


Figure 4.1. Moyennes de réussite des items par niveau de complexité (stratégie de planification).

Planification: <i>Wilcoxon Signed Ranks Test</i>	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.

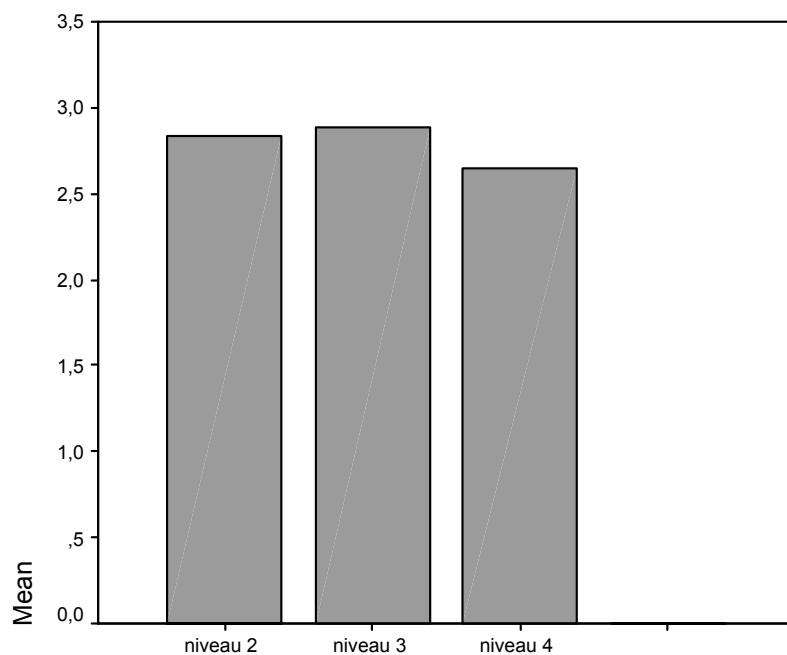


Figure 4.2. Proportions de réussite des items par niveau de complexité (stratégie de contrôle : score global).

<i>Wilcoxon Signed Ranks Test</i>		Complexité :	Complexité :	Complexité :
		niveau 3 - niveau 2	niveau 4 - niveau 3	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.

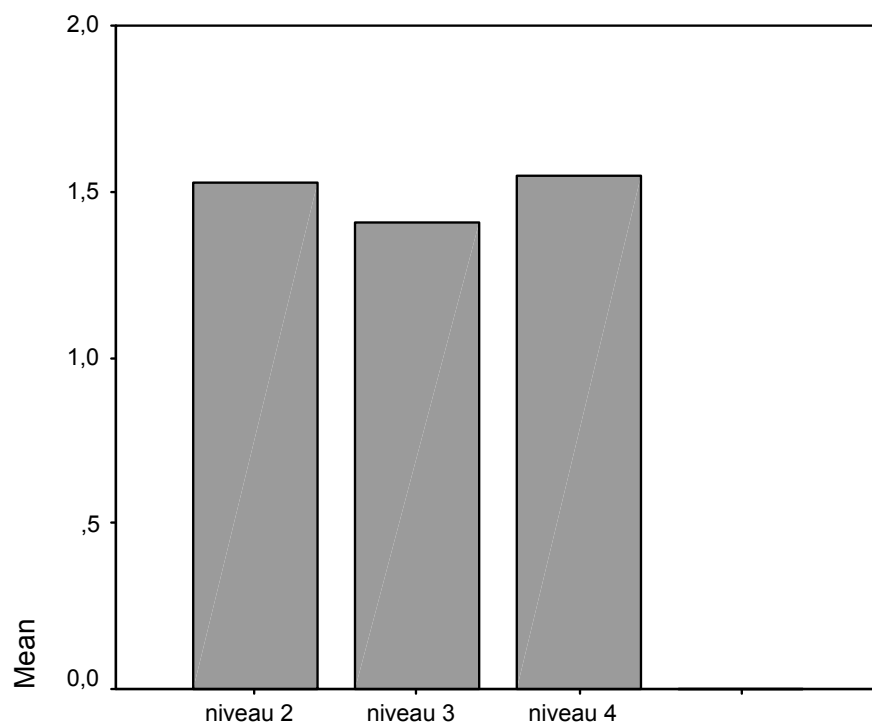


Figure 4.3. Proportions de réussite des items par niveau de complexité (stratégie de vérification des résultats arithmétiques).

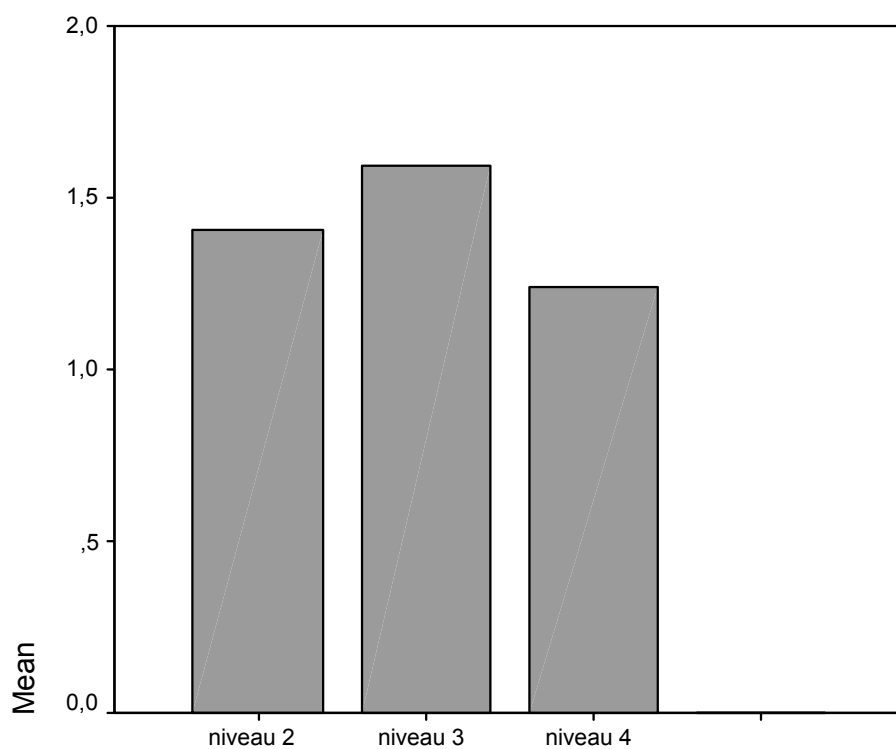


Figure 4.4. Proportions de réussite des items par niveau de complexité (stratégie de contrôle des opérations).

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'avons 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 avons 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 avons 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 indicelles* 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 (puisque'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.