

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.

Concernant 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 supposons 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 scolaire¹ ;
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).

¹ 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 décomposition².

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 avons 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). Étant 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.

² Un exemple de calcul en décomposition serait de procéder, par écrit, comme suit $54 \times 7 = (50 \times 7) + (4 \times 7) = 350 + 28 = 378$.

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.

<i>Ecole</i>	<i>Réseau</i>	<i>Milieu de vie</i>	<i>Milieu socio-économique</i>	<i>Province</i>
<i>Ecole 1</i>	Libre	Rural	Divers	Hainaut
<i>Ecole 2</i>	Communale	Citadin	Aisé	Brabant Wallon
<i>Ecole 3</i>	Libre	Rural	Aisé	Liège
<i>Ecole 4</i>	Communale	Rural	Ouvrier/agricole	Brabant Wallon
<i>Ecole 5</i>	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'avons 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.

	<i>V5CA1</i>	<i>V5CA2</i>	<i>V5CA3</i>	<i>V5CA4</i>	<i>V5CA5</i>	<i>V5CA6</i>
N	44	44	44	44	44	44
Proportion de réussite	.89	.86	.84	.82	1.00	.91
	<i>V5CA7</i>	<i>V5CA8</i>	<i>V5CA9</i>	<i>V5CA10</i>	<i>V5CA11</i>	<i>V5CA12</i>
N	44	44	44	44	44	44
Proportion de réussite	.80	.86	.82	.89	.82	.93
	<i>V5OP1</i>	<i>V5OP2</i>	<i>V5OP3</i>	<i>V5OP4</i>	<i>V5OP5</i>	<i>V5OP6</i>
N	44	44	44	44	44	44
Proportion de réussite	.93	.98	.95	1.00	.80	1.00
	<i>V5OP7</i>	<i>V5OP8</i>	<i>V5OP9</i>	<i>V5OP10</i>	<i>V5OP11</i>	<i>V5OP12</i>
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 avons 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 ($d_s = 0,73$). 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.

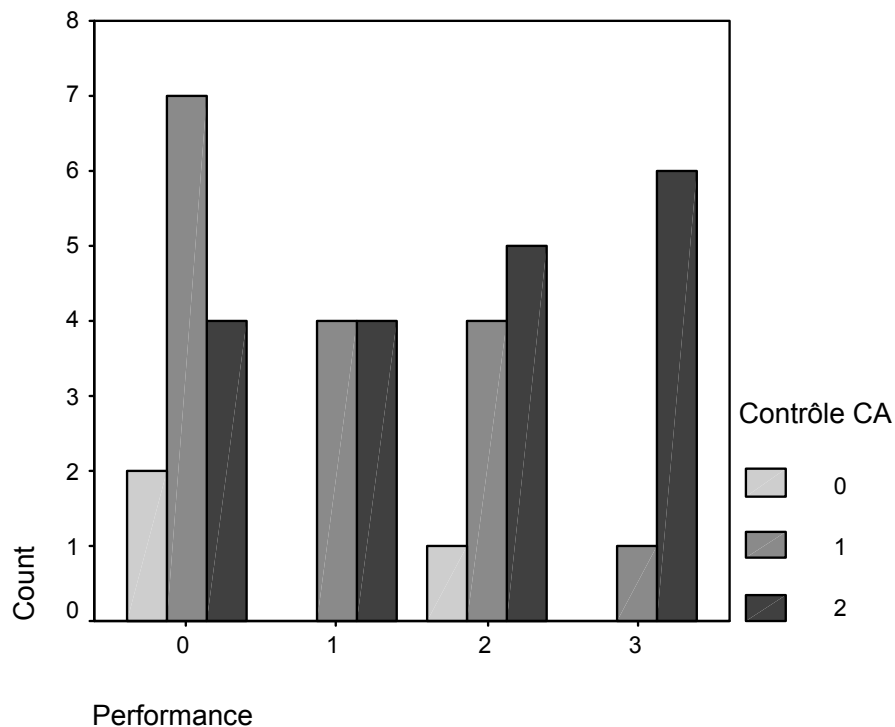


Figure 5.1. Graphe interactif des fréquences des scores de performance scolaire et de vérification des résultats arithmétiques.

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 précédente, 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 avons 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 avons 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 avons 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'erreurs à 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 cognitive³ 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

³ 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 surestimeurs 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 $\div$) 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.

<i>Ecole</i>	<i>Milieu de vie</i>	<i>Milieu socio-économique</i>	<i>Nombre d'enfants dans la classe</i>
<i>Ecole 1</i>	Rural	Divers	25
<i>Ecole 2</i>	Citadin	Ouvrier/agricole	17
<i>Ecole 3</i>	Citadin	Divers	18
<i>Ecole 4</i>	Rural	Ouvrier/agricole	26
<i>Ecole 5</i>	Rural	Divers	21
<i>Ecole 6</i>	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 « $5 \text{ €} - 2 \text{ €} = 3 \text{ €}$ ». 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 ?

$$\dots\dots \dots \dots \dots = \dots\dots$$

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	Contrôle CA	23	29.26	673.00
	Contrôle 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 avons 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 supposons 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).⁴

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

⁴ 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.