



HAL
open science

Autorégulation des apprentissage chez le jeune enfant : Influence de la Flexibilité et de la Métacognition sur les buts et stratégies

Marion Leclercq

► To cite this version:

Marion Leclercq. Autorégulation des apprentissage chez le jeune enfant : Influence de la Flexibilité et de la Métacognition sur les buts et stratégies. Psychologie. Université de Lille, 2021. Français. NNT : 2021LILUH028 . tel-03541300

HAL Id: tel-03541300

<https://theses.hal.science/tel-03541300v1>

Submitted on 24 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**THÈSE EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE
DE DOCTEUR EN PSYCHOLOGIE**

*Présentée et soutenue publiquement
le 22 Octobre 2021 par*

Marion LECLERCQ

PSITEC URL 4072 Axe Education et Société Université de Lille

**AUTOREGULATION DES APPRENTISSAGES
CHEZ LE JEUNE ENFANT :
Influence de la Flexibilité et de la Métacognition
sur les buts et stratégies**

sous la direction

du Professeur Jérôme CLERC

LPNC UMR CNRS 5105 - Université Grenoble Alpes

Composition du Jury

Jérôme CLERC, PU Université de Grenoble – Directeur de thèse

Fabien FENOUILLET, PU Université de Paris Nanterre – Rapporteur

Alain GUERRIEN, PU Université de Lille – Examineur et Président du Jury

Célia MAINTENANT, Mcf-HDR Université de Tours - Examinatrice

Valérie PENNEQUIN, PU Université de Tours – Rapporteur

Youssef TAZOUTI, PU Université de Lorraine - Examineur

REMERCIEMENTS

Je remercie chaleureusement chacun des membres du jury de m'avoir fait l'honneur de faire partie de mon jury de thèse et d'expertiser mon travail. Je suis d'autant plus touchée que mon intérêt pour cette thématique et ma décision de m'orienter vers la recherche est née à travers la lecture de leurs différents travaux que ce soit pour ma pratique clinique, la construction de mes cours à l'INSPE puis l'ébauche de mon projet de thèse et mes recherches. Par ailleurs, ce projet un peu fou n'aurait pu voir le jour sans le concours de plusieurs personnes que je veux aussi prendre le temps de remercier ici.

En premier lieu, mes remerciements s'adressent à mon directeur sans qui rien n'aurait été possible. Merci Jérôme d'avoir cru en moi et d'avoir accepté de diriger ce travail de thèse, jusqu'au bout, malgré les contraintes et les obstacles qui ont parsemé ce long chemin. Merci de m'avoir toujours dit les choses sans détour, d'avoir su me bousculer quand j'en avais besoin tout comme de m'avoir rassurée quand c'était nécessaire. Merci de m'avoir fait profiter de votre expérience et de votre réseau en me permettant de vivre de belles opportunités. Nos discussions, vos conseils et votre rigueur scientifique m'ont permis de cheminer, de me construire en tant que chercheuse mais sûrement aussi de me faire encore évoluer en tant que personne en m'encourageant à repousser mes limites. Aujourd'hui, après plus de cinq ans de travail de recherche en parallèle de mon emploi, quelques épreuves professionnelles et personnelles et une crise sanitaire sans précédent, je suis fière du chemin parcouru.

Cette formation au métier de chercheur est aussi le fait de l'équipe du laboratoire PSITEC que je tiens également à saluer. Merci à Marion Luyat, directrice du laboratoire pour sa réactivité malgré la crise sanitaire que nous avons traversée. Des remerciements plus particuliers à Alain Guerrien, directeur du laboratoire au début de ma thèse et toujours directeur de mon axe, pour sa bienveillance tout au long de mon parcours universitaire. Mes pensées vont aussi vers l'ensemble des enseignants chercheurs qui se mobilisent pour la formation doctorale en étant à l'écoute des besoins des doctorants. Un merci spécial aussi à Christine Humez, responsable administrative du laboratoire pour sa grande disponibilité et réactivité. Sans vous, j'aurais sûrement été souvent perdue. Je remercie vivement les différents représentants des doctorants qui se sont succédés au fil de ces années et qui m'ont permis de maintenir le lien avec la vie du laboratoire malgré la distance en répondant à mes diverses questions. Enfin un immense merci à Caroline Desombre et Marie Danet qui ont accepté de faire partie de mon Comité de Suivi de Thèse. Nos rendez-vous annuels ont toujours été une soupape pour moi en me permettant de relativiser le chemin parcouru étant données les circonstances et en repartant reboostée.

Je remercie aussi mes collègues de l'INSPE de m'avoir soutenue et encouragée à votre manière, par votre curiosité et vos questionnements, par nos échanges et nos discussions... Si j'ai franchi le cap et décidé de partir dans cette aventure un peu folle c'est aussi un peu grâce/à cause de vous qui m'y avait poussée ! Un merci plus particulier à mes deux responsables de site, Emeline et Corinne, pour votre compréhension et les arrangements d'emploi du temps malgré le véritable casse-tête que cela représente. Sans votre aide, je n'aurais jamais pu aller sur le terrain recueillir mes données ! Spéciale dédicace aussi à Alice et Denis qui ont subi plus que les autres mes doutes et mes questionnements et qui ont su, tout comme Emeline, me soutenir, me faire rebondir et relativiser plus d'une fois ! Merci Alice pour tes conseils, ta relecture et ton aide pour la mise en page finale. Merci Emeline pour ta patience, ton soutien, ton écoute et la relecture de mon abstract. Merci Denis pour nos riches échanges sur la résolution de problèmes et les puzzles qui ont été une aide précieuse notamment pour construire ma deuxième étude. Je remercie mes collègues « de psychologie » qui m'ont aussi encouragée. Une mention spéciale à nouveau pour Caroline, ainsi que Célénie qui m'ont soutenue dès le début et dans des moments parfois difficiles. Merci pour vos conseils, votre écoute et l'intérêt que vous avez porté à mon travail. Merci encore Célénie d'avoir pris le temps de me relire de manière attentive malgré le court délai qu'il me restait. Je remercie également Moïse pour ses

encouragements et son regard sur un projet. J'adresse mes sincères remerciements à toutes les enseignantes qui m'ont ouvert les portes de leurs classes ainsi qu'à leurs élèves qui ont participé avec enthousiasme à mes expérimentations. Un merci spécial à Damienne et Sabine, conseillères pédagogiques qui ont montré un vif intérêt pour mon travail et m'ont aidé à accéder plus facilement aux écoles et à avoir l'accord des inspections.

Enfin, je tiens aussi à remercier mes amis et proches qui m'ont accompagnée/portée tout au long de cette aventure. Un merci plus particulier à ma sœur Julie qui m'a ouvert la voie sur le chemin de la recherche en me montrant que c'était possible d'accéder au doctorat. Merci pour ton aide et tes conseils même si je n'ai pas toujours été en capacité de les recevoir. Merci à mon frère Aymeric d'être présent quand il y a besoin et de me faire relativiser parfois. Merci aussi à mes parents d'avoir fait ce que nous sommes, merci pour vos valeurs et votre éducation. Merci d'avoir respecté nos choix même quand vous aviez des doutes, merci d'avoir cru en nous et de nous avoir poussé vers le haut. Merci aussi à tous les deux d'avoir adopté si bien et si vite votre nouveau rôle de grands-parents car cela a été aussi très précieux pour mener ce projet à terme.

Je remercie aussi mes amis qui m'ont permis de décompresser et de me garder les pieds sur terre. Une mention spéciale à mes amies de toujours, Bérengère et Gaëlle, sans qui rien n'aurait été pareil. Merci d'avoir toujours cru en moi, de m'avoir supportée et soutenue toutes ces années mais surtout de m'avoir montré où était l'essentiel en me guidant sur le chemin de la parentalité -même si cela a été un défi supplémentaire- ! Merci aussi de m'avoir permis de tester mon matériel sur vos chères petites têtes blondes tout comme Pauline. Merci à Clémence, mon amie 'psy', pour ton soutien et tes encouragements qui ne raisonnaient pas pareil puisque tu savais un peu plus que les autres ce que cela impliquait...

Enfin, pour terminer, un merci incommensurable aux deux hommes de ma vie...Merci Bastien d'avoir tenu bon jusqu'au bout car c'est toi le plus à plaindre dans l'histoire. Merci pour ton soutien, ta patience et ta bonne humeur malgré toutes les épreuves...tu as su me montrer plus d'une fois combien je pouvais compter sur toi...Merci pour notre fils Elyas, notre aventure dans l'aventure, qui vient nous combler...J'espère que tu seras fier et que tu me pardonneras les sacrifices que cela a impliqués.

« Il faut toujours viser la lune, car même en cas d'échec, on atterrit dans les étoiles. »

Oscar WILDE

« En vérité, le chemin importe peu, la volonté d'arriver suffit à tout. »

Albert CAMUS

RESUME

L'objectif de cette thèse est de contribuer à la compréhension de l'influence du fonctionnement exécutif et de la métacognition sur l'autorégulation des apprentissages chez des enfants de maternelle. Nous avons plus particulièrement cherché à rendre compte des deux premières étapes de l'autorégulation : la fixation du but et l'engagement stratégique dans l'activité. Ces deux étapes sont particulièrement difficiles à franchir chez les jeunes enfants. Chez ces derniers, les capacités cognitives de prise en compte des indices dans l'environnement sont en plein développement, ce qui ne leur permet pas encore de prendre pleinement conscience de tous les aspects d'une situation. Des travaux récents suggèrent qu'entraîner de jeunes enfants à utiliser des stratégies cognitives spécifiques est une piste prometteuse pour favoriser la fixation du but (Lucenet & Blaye, 2019). Les stratégies cognitives sont en effet au cœur de l'autorégulation et leur étude peut contribuer à mieux comprendre le développement de celles-ci (Boekaerts & Corno, 2005 ; Clerc, 2013). Le modèle COPES (Winne, 1997) avait déjà mis en évidence l'importance des expériences et des stratégies pour favoriser un apprentissage autorégulé. Plus récemment, le modèle MASRL (Efklides, 2011) a mis l'accent sur les performances des élèves pendant l'exécution d'une tâche, en envisageant notamment les processus par lesquels l'autorégulation s'améliore avec le développement. Enfin, selon le modèle de Diamond (2016), l'efficacité du fonctionnement exécutif dépend des trois fonctions exécutives fondamentales. Celles-ci constituent la part cognitive de l'autorégulation et connaissent des trajectoires développementales différentes. Nous nous sommes focalisés sur la flexibilité cognitive, définie comme la capacité d'adapter nos pensées et nos comportements en réponse aux changements de nos buts ou de notre environnement (Blakey et al., 2016). La flexibilité cognitive pourrait être plus particulièrement impliquée dans la fixation d'un but, le but étant par nature changeant puisque régulièrement réévalué pendant l'exécution de la tâche.

Nous avons conduit trois études. La première, de nature longitudinale, évalue le rôle joué par la flexibilité cognitive et la métacognition sur la capacité de 106 enfants de 4 ans à s'adapter aux changements de l'environnement pendant la réalisation d'un puzzle. Nous avons testé si l'ajout d'une contrainte annoncée (changement prévisible) les poussait à modifier leur but, comparativement à l'ajout d'une contrainte non annoncée (changement imprévisible). Un outil ludique et original a été spécifiquement créé pour mesurer le choix de but. La deuxième étude en est un prolongement. Nous avons testé l'effet d'un entraînement collectif à l'utilisation de deux stratégies d'auto-identification des indices d'une tâche (pointage, verbalisation) sur la fixation de buts et sur le recours aux deux stratégies en question chez 58 enfants de 4 ans. Nous avons testé si la flexibilité, le fonctionnement exécutif global et la métacognition peuvent impacter la fixation du but et le recours aux deux stratégies, notamment dans une tâche de transfert. Cette fois encore, nous avons utilisé un matériel familier à forte validité écologique, dimension qui paraît essentielle auprès du public visé, en créant des outils spécifiques (Jeux de tri de cartes indicées et Planches de pointage). La troisième étude, composée de deux expérimentations de nature transversale, s'est intéressée plus spécifiquement au transfert de stratégies. Nous avons testé l'implication de la flexibilité cognitive sur la capacité de 140 enfants de 5 à 7 ans à transférer une stratégie mnésique (autorépétition, groupement catégoriel à l'encodage, groupement catégoriel au rappel) ainsi que sur l'effet bénéfique de cette stratégie sur le rappel en tâche de transfert.

Ces trois études ont permis d'éclairer plus finement les relations spécifiques entre trois concepts fondamentaux pour les apprentissages chez de jeunes enfants. Nous avons pu montrer l'implication de la flexibilité cognitive et de la métacognition dans la fixation des buts et dans le transfert de stratégie après entraînement. Nous avons aussi pu préciser les liens qui les unissent : la flexibilité et le fonctionnement exécutif prédisent la métacognition chez les jeunes enfants de 4 ans rencontrés. Nous considérons ainsi ces deux fonctions comme des précurseurs de l'autorégulation des apprentissages chez le jeune enfant.

Mots clés : autorégulation des apprentissages ; flexibilité cognitive ; métacognition ; fixation du but ; transfert de stratégies ; développement

ABSTRACT

The objective of this thesis is to contribute to the understanding of the influence of executive functioning and metacognition on the self-regulated learning in kindergarten students. We have more particularly sought to account for the first two stages of self-regulation: goal setting and strategic engagement in the activity. These two stages are particularly difficult to cross for young children. Their cognitive abilities to take into account cues in the environment are still developing which prevents them to be fully aware of all aspects of a situation. Recent works suggest that training young children to use specific cognitive strategies is a promising avenue for promoting goal setting (Lucenet & Blaye, 2019). Cognitive strategies are indeed at the heart of self-regulation and the study of the former can help to better understand the development of the latter (Boekaerts & Corno, 2005; Clerc, 2013). The COPES model (Winne, 1997) had already highlighted the importance of experiences and strategies to promote self-regulated learning. More recently, the MASRL model (Efklides, 2011) has focused on student performance during the execution of a task and considered the processes by which self-regulation improves with development. Finally, according to the Diamond model (2016), the efficiency of executive functioning depends on the three fundamental executive functions. These constitute the cognitive part of self-regulation and have different developmental trajectories. We focused on cognitive flexibility, defined as the ability to adapt our thoughts and behaviors in response to changes in our goals or our environment (Blakey et al., 2016). Cognitive flexibility might be more particularly involved in goal setting, the goal being by nature changing as it is regularly reassessed during the execution of the task.

We have conducted three studies. The first one is of a longitudinal nature and assesses the role played by cognitive flexibility and metacognition on the ability of 106 children aged 4 to adapt to changes in the environment while completing a puzzle. We tested whether adding an advertised constraint (predictable change) caused them to change their goal compared to adding an unannounced constraint (unpredictable change). A ludic and original tool has been specifically created to measure the goal choice. The second study is an extension of the first one. We tested the effect of group training in the use of two self-cueing strategies (pointing, labeling) on goal setting and on the use of the two latter strategies in a group of 58 4-year-old children. We tested whether flexibility, overall executive functioning, and metacognition could impact goal setting and the use of these two strategies, especially in a transference task. Once again, we used familiar material with strong ecological validity, a dimension that seems essential to the target audience. We created specific tools (cued cards sorting games and pointing boards). The third study, composed of two cross-disciplinary experiences, was more specifically focused on the transfer of strategies. We tested the effect of cognitive flexibility on the ability of 140 children aged 5 to 7 to transfer a memory strategy (rehearsal sorting, clustering), as well as on the beneficial effect of this strategy on recall when executing a transfer task.

These three studies have shed more light on the specific relationships between three fundamental concepts for learning in young children. We were able to show the involvement of cognitive flexibility and metacognition in goal setting and post-training strategy transfer. We were also able to specify the links that unite them, i.e. flexibility and executive functioning predict metacognition, as far as the children of this study, aged 4 to 5, were concerned. We therefore consider these two functions as precursors of self-regulation of learning in young children.

Keywords: *self-regulated learning ; cognitive flexibility ; metacognition ; goal setting ; strategy transfer ; development*

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
RESUME	iv
ABSTRACT	v
TABLE DES MATIERES	vii
TABLE DES ILLUSTRATIONS	xiii
Liste des Figures.....	xiii
Liste des Tableaux.....	xiv
AVANT-PROPOS	1
PLAN DE LA THESE	4
INTRODUCTION THEORIQUE	6
CHAPITRE 1 : L'AUTOREGULATION DES APPRENTISSAGES UN FONCTIONNEMENT AUTONOME, VOLONTAIRE ET STRATEGIQUE	7
1. Définir l'autorégulation des apprentissages : vers la recherche de l'efficacité stratégique ?.....	7
1.1. <i>Mise en contexte historique</i>	7
1.2. <i>Définition et implications</i>	8
1.3. <i>Principaux composants</i>	10
1.4. <i>Les différentes étapes</i>	11
2. La fixation du but : une étape clé.....	13
2.1. <i>Principales caractéristiques des buts</i>	14
2.2. <i>La représentation du but</i>	15
2.3. <i>Favoriser le repérage et la fixation du but</i>	16
3. Les stratégies au cœur du processus d'autorégulation.....	18
3.1. <i>Définition</i>	18
3.2. <i>Stratégies mises en oeuvre dans l'autorégulation des apprentissages</i>	18
3.3. <i>Facteurs d'influence</i>	20
4. Rôle de l'expérience : le modèle « COPES ».....	21
4.1. <i>Contextualisation</i>	21
4.2. <i>Les quatre phases du modèle</i>	22
4.3. <i>Spécificités du modèle</i>	25
RESUME DU CHAPITRE 1	27
CHAPITRE 2 : DEVELOPPEMENT DE L'AUTOREGULATION DES APPRENTISSAGES CHEZ LE JEUNE ENFANT	28
1. Particularités du développement de l'autorégulation des apprentissages.....	28
1.1. <i>La petite enfance (0-3 ans)</i>	29
1.2. <i>L'hétérorégulation ou l'importance des autres pour s'autoréguler</i>	30
2. L'autorégulation des apprentissages en contexte scolaire.....	32
2.1. <i>Particularités liées au contexte scolaire</i>	32
2.2. <i>L'autorégulation des apprentissages à la maternelle</i>	34
3. La question de la mesure.....	36
3.1. <i>Outils d'investigation de l'autorégulation des apprentissages</i>	36
3.2. <i>Quelques précautions pour étudier l'autorégulation chez les plus jeunes</i>	37
4. Développement des stratégies cognitives.....	39
4.1. <i>Emergence des stratégies : le modèle de Siegler</i>	39

4.2. Le modèle de développement stratégique de Miller et les Déficiences d'Utilisation.....	40
4.3. Facteurs d'influences du phénomène de DU au regard de l'autorégulation.....	41
4.3.1. Ressources et surcharge cognitive.....	42
4.3.2. Fonctions exécutives.....	42
4.3.3. Métacognition.....	44
4.3.4. Transfert de stratégies.....	45
4.4. L'entraînement stratégique pour soutenir l'autorégulation.....	47
RESUME DU CHAPITRE 2.....	50
CHAPITRE 3 : FONCTIONS EXECUTIVES ET METACOGNITION DEUX PRECURSEURS DE L'AUTOREGULATION DE L'APPRENTISSAGE.....	51
1. Les fonctions exécutives, part cognitive de l'autorégulation.....	51
1.1. Définir les Fonctions Exécutives : différents points de vue.....	51
1.2. Le modèle à Deux Mécanismes de Contrôle de Braver (2012).....	52
1.3. Le modèle Unité/Diversité de Miyake et Friedman (2012).....	55
1.4. Les trois fonctions exécutives « fondamentales ».....	56
1.4.1. Mémoire de travail (MDT).....	56
1.4.2. Inhibition.....	56
1.4.3. Flexibilité cognitive.....	57
2. La métacognition pour surveiller et contrôler ses stratégies cognitives.....	59
2.1. Définir la métacognition.....	59
2.2. Principales composantes.....	60
2.2.1. Le versant déclaratif de la métacognition : les métaconnaissances.....	60
2.2.2. Le versant procédural de la métacognition : les stratégies métacognitives.....	61
2.3. Le modèle MASRL d'Efklides (2011).....	62
3. Les buts : part commune de l'autorégulation de l'apprentissage, des fonctions exécutives et de la métacognition..	65
3.1. Liens entre autorégulation de l'apprentissage et fonctions exécutives.....	65
3.2. Liens entre autorégulation de l'apprentissage et métacognition.....	67
3.3. Liens entre fonctions exécutives et métacognition.....	68
RESUME DU CHAPITRE 3.....	70
CHAPITRE 4 : CONTRAINTES DEVELOPPEMENTALES DU CONTRÔLE COGNITIF CHEZ LE JEUNE ENFANT.....	71
1. Le développement du contrôle cognitif.....	71
1.1. Conceptualisation et principales approches méthodologiques.....	71
1.2. Une vision qualitative : le passage d'un mode réactif à un mode proactif.....	73
1.3. Une vision quantitative : les caractéristiques du développement des FE.....	75
1.4. Le modèle de développement des FE de Diamond (2013, 2016).....	77
1.5. Les facteurs qui influencent le développement des FE.....	80
2. Développement de la flexibilité cognitive.....	81
2.1. Différents points de vue.....	81
2.2. Le Dimensional Change Card Sort : une épreuve incontournable.....	83
2.3. Différentes positions théoriques concernant la flexibilité et l'échec au DCCS.....	85
3. Développement de la métacognition.....	86
3.1. Contextualisation et focus méthodologique.....	86

3.2. Développement des connaissances métacognitives par l'observation de soi et des autres : la construction de son monde mental.....	88
3.3. Développement des compétences métacognitives	91
3.3.1. Être capable de juger et surveiller son comportement (monitoring).....	91
3.3.2. Faire preuve d'autocontrôle	93
3.4. Quelques pistes pour soutenir le développement de la métacognition	95
RESUME DU CHAPITRE 4.....	99
PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE	100
CONTRIBUTION EXPERIMENTALE.....	105
CHAPITRE 5 ETUDE 1 : PUZADAPT EVOLUTION DU BUT AU COURS DE LA REALISATION DE PUZZLES ET ADAPTATION FACE AUX CONTRAINTES DE L'ENVIRONNEMENT.....	106
1. Contexte et objectifs de l'étude.....	106
1.1. Contexte de l'étude et problématique	106
1.2. Objectifs et hypothèses de recherche.....	107
2. Méthodologie.....	108
2.1. Participants	108
2.2. Éthique et déontologie.....	109
3. Matériel	109
3.1. Autorégulation : tâche Puzzle	109
3.1.1. Puzzle choisi et modalités de réalisation.....	109
3.1.2. Création des Planches Nounours de Choix du But (PNCB©).....	110
3.2. Flexibilité cognitive	111
3.2.1. Le Dimensional Change Card Sort (DCCS).....	111
3.2.2. Le Test de Traçage de pistes (TRAIL-P).....	112
3.3. Métacognition.....	113
3.3.1. La Checklist of Independent Learning Development (CHILD)	113
3.3.2. L'Entretien de Connaissances Métacognitives (McKi).....	113
4. Procédure.....	115
4.1. Puzzle (étapes 1 à 3).....	116
4.2. Flexibilité (étapes 4 et 5).....	117
4.3. Métacognition (étape 1).....	117
4.4. Point de mesure 2	117
5. Résultats	118
5.1. Plan expérimental et Variables dépendantes.....	118
5.2. Analyses préliminaires.....	119
5.3. Influence des contraintes de réalisation du puzzle sur le changement de but	120
5.3.1. Conditions de réalisation du puzzle et but.....	120
5.3.2. Prévisibilité de la contrainte et changement du but	121
5.4. Influence de la Flexibilité	122
5.4.1. Flexibilité et changement de but	122
5.4.2. Flexibilité et réalisation du puzzle	123
5.5. Influence de la Métacognition	124
5.5.1. Métacognition et changement de but.....	124
5.5.2. Métacognition et réalisation du puzzle	125

5.6. Liens entre Flexibilité et Métacognition.....	126
5.7. Effet de l'âge	129
6. Discussion.....	130
6.1. Facteurs déterminants dans la fixation du but.....	130
6.2. Liens entre flexibilité et métacognition : caractéristiques développementales	134
6.3. Perspectives et limites de l'étude.....	136
Conclusion.....	137
RESUME DU CHAPITRE 5 PUZADAPT	138
CHAPITRE 6 ETUDE 2 : STRAFIX STRATEGIE D'AUTO-IDENTIFICATION ET FIXATION DU BUT CHEZ LES JEUNES ENFANTS : UNE ETUDE COMPARATIVE DE L'EFFET D'UN ENTRAÎNEMENT	139
1. Contexte et objectifs de l'étude.....	139
1.1. Contexte de l'étude et problématique	139
1.2. Objectifs et hypothèses de recherche.....	141
2. Méthodologie.....	142
2.1. Participants	142
2.2. Éthique et déontologie.....	143
3. Matériel	143
3.1. Autorégulation : tâche de tri indicé.....	143
3.2. Fonctionnement exécutif et cognitif	144
3.3. Métacognition.....	144
4. Procédure.....	145
4.1. Fonctionnement cognitif (Etape 1).....	146
4.2. Tri de cartes (Etapes 2 à 5).....	146
5. Résultats	149
5.1. Plan expérimental et Variables Dépendantes	149
5.2. Analyses Préliminaires	150
5.3. Caractéristiques des groupes et contrebalancement	151
5.4. Entraînement Stratégique et Fixation du but.....	151
5.4.1. Résultats concernant les groupes expérimentaux.....	153
5.4.2. Résultats concernant le groupe contrôle.....	156
5.5. Autorégulation, Fonctionnement Exécutif et Métacognitif.....	156
5.5.1. Fonctionnement Exécutif, Métacognition et Fixation du but.....	157
5.5.2. Fonctionnement Exécutif, Métacognition et Stratégies.....	158
5.6. Relations entre fonctionnement exécutif et métacognition	159
6. Discussion.....	160
6.1. Effet de l'entraînement	160
6.1.1. Fixation du but.....	160
6.1.2. Utilisation des stratégies.....	161
6.1.3. Effet du contexte	162
6.2. Effet du fonctionnement exécutif, de la flexibilité et de la métacognition	163
6.3. Relations entre fonctionnement exécutif et métacognition	164
6.4. Limites de l'étude et perspectives.....	166
Conclusion.....	167
RESUME DU CHAPITRE 6 : étude STRAFIX	169

CHAPITRE 7 : ÉTUDE 3 TREFLE TRansfert de stratégies mnésiques chez des Elèves de grande section maternelle et de cours préparatoire : entraînement et FLExibilité	170
1. Contexte et objectifs de l'étude.....	170
1.1. <i>Contexte de l'étude et problématique</i>	170
1.2. <i>Objectifs et hypothèses de recherche</i>	172
2. Expérimentation 1 : entraînement à l'autorépétition chez des élèves de grande section de maternelle	174
2.1. <i>Méthodologie</i>	174
2.1.1. <i>Participants</i>	174
2.1.2. <i>Éthique et déontologie</i>	174
2.2. <i>Matériel</i>	175
2.2.1. <i>Flexibilité cognitive</i>	175
2.2.2. <i>Mémorisation</i>	176
2.3. <i>Procédure</i>	177
2.3.1. <i>Mémorisation (Phase 1 à 5)</i>	178
2.3.2. <i>Flexibilité (Phases 6 et 7)</i>	180
2.4. <i>Résultats</i>	180
2.4.1. <i>Plan expérimental et Variables Dépendantes</i>	180
2.4.2. <i>Analyses préliminaires</i>	181
2.4.3. <i>Influence de la Flexibilité sur le rappel</i>	181
2.4.4. <i>Stratégie d'autorépétition</i>	182
2.4.5. <i>Rappel sériel</i>	184
2.5. <i>Discussion</i>	185
3. Expérimentation 2 : entraînement au tri (<i>sorting</i>) et au groupement catégoriel (<i>clustering</i>) chez des élèves de cours préparatoire.....	188
3.1. <i>Méthodologie</i>	189
3.1.1. <i>Participants</i>	189
3.2. <i>Matériel</i>	189
3.2.1. <i>Flexibilité cognitive</i>	189
3.2.2. <i>Mémorisation (rappel libre)</i>	189
3.3. <i>Procédure</i>	191
3.3.1. <i>Mémorisation (Phase 1 à 5)</i>	191
3.3.2. <i>Flexibilité (Phases 6 et 7)</i>	193
3.4. <i>Résultats</i>	193
3.4.1. <i>Plan expérimental et variables dépendantes</i>	193
3.4.2. <i>Analyses préliminaires</i>	194
3.4.3. <i>Influence de la Flexibilité sur le transfert de stratégies</i>	195
3.4.4. <i>Effet de l'entraînement : Stratégie de tri (sorting)</i>	196
3.4.5. <i>Effet de l'entraînement : Stratégie de groupement catégoriel (clustering)</i>	198
3.4.6. <i>Effet de l'entraînement sur le score de rappel</i>	199
3.5. <i>Discussion</i>	200
4. Discussion générale	202
4.1. <i>Implications pour la compréhension des FE</i>	202
4.2. <i>Implications pour la compréhension du développement des stratégies et de l'autorégulation</i>	204
4.3. <i>Implications pour la compréhension du transfert</i>	204
4.4. <i>Limites de l'étude et perspectives</i>	206

Conclusion.....	207
RESUME DU CHAPITRE 7 ETUDE TREFLE	208
DISCUSSION GENERALE	209
1. Développement de l'autorégulation des apprentissages à la maternelle	211
1.1. <i>Influence des conditions de réalisation de la tâche</i>	211
1.1.1. <i>Fixation du but</i>	211
1.1.2. <i>Recours aux stratégies</i>	212
1.1.3. <i>Spécificités du transfert</i>	213
1.2. <i>Flexibilité et métacognition : deux précurseurs interconnectés</i>	214
1.2.1. <i>Fonctionnement exécutif et flexibilité</i>	214
1.2.2. <i>Métacognition</i>	215
1.2.3. <i>Relations qui les unissent</i>	216
2. Réflexion et pistes sur les applications permettant de soutenir l'autorégulation des apprentissages	218
2.1. <i>L'explicitation</i>	218
2.2. <i>Entraîner les fonctions exécutives et la métacognition</i>	219
2.3. <i>Réflexion sur les outils d'investigation d'un processus complexe</i>	220
3. Limites.....	221
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	224
ANNEXES.....	I
Table des Annexes.....	II

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des Figures

Figure 1. Modèle COPES de Winne et Hadwin (1998).....	23
Figure 2. Modèle de développement de choix de stratégie adaptative de Siegler (1995) repris et adapté	39
Figure 3. Illustration des deux modes de contrôle de Braver (2012)	54
Figure 4. Représentation schématique du Modèle Unité/Diversité des trois principales FE.....	55
Figure 5. Le Modèle MASRL de Efklides (2011).....	63
Figure 6. Le modèle intégratif des FE à composantes multiples de Diamond (2013).....	78
Figure 7. Illustration schématique de la phase 3 du DCCS version cadre	84
Figure 8a. Evolution du choix des buts recueillis à l'aide des PNCB selon le point de mesure et les conditions (choix de but avant contrainte pour les conditions prévisibles et imprévisibles)	120
Figure 8b. Evolution du choix des buts recueillis à l'aide des PNCB selon le point de mesure et les conditions, avant et après contrainte.....	120
Figure 9. Evolution du changement du but après introduction d'une contrainte environnementale, selon le point de mesure et la prévisibilité de la contrainte	121
Figure 10a : Scores stratégiques moyens de verbalisation et pointage des groupes entraînés et du groupe contrôle au fil des phases.....	153
Figure 10b : Score but moyen des groupes entraînés (en bleu) et du groupe contrôle (en orange) au fil des phases	153
Figure 11. Les deux listes de mots à mémoriser pour les GS	176
Figure 12a. Score stratégique moyen au Prétest, au Post-test et au Transfert pour les enfants entraînés et non entraînés (contrôle) de l'expérimentation 1.....	183
Figure 12b. Scores moyens de rappel au Prétest, au Post-test et au Transfert chez des enfants entraînés et non entraînés (contrôle) de l'expérimentation 1.....	184
Figure 13. Les deux listes de mots à mémoriser pour les CP.....	190
Figure 14. Schématisation de la stratégie de tri (sorting)	192
Figure 15a. Scores stratégiques moyens de tri (Sorting) au Prétest, au Post-test et au Transfert pour les enfants entraînés et non entraînés et selon la liste utilisée de l'expérimentation 2	197
Figure 15b. Scores stratégiques moyens de groupement catégoriel (Clustering) au Prétest, au Post-test et au Transfert pour les enfants entraînés et non entraînés et selon la liste utilisée de l'expérimentation 2... ..	198
Figure 15c. Scores de rappel moyen au Prétest, au Post-test et au Transfert pour les enfants entraînés et non entraînés et selon la liste utilisée de l'expérimentation 2.....	200

Liste des Tableaux

Tableau 1. Les Opérations Cognitives SMART (Winne, 2017)	21
Tableau 2. Déroulement typique des étapes de l'étude 1 PUZADAPT	115
Tableau 3. Statistiques Descriptives des Variables Dépendantes de l'étude 1 PUZADAPT	119
Tableau 4. Effet des scores de flexibilité sur les scores de changement de but - étude 1 PUZADAPT	122
Tableau 5. Effet des scores de flexibilité sur les scores puzzle - étude 1 PUZADAPT	123
Tableau 6. Effet des scores de métacognition sur les scores de changement de but - étude 1 PUZADAPT	124
Tableau 7. Effet des scores de métacognition sur les scores puzzle - étude 1 PUZADAPT	125
Tableau 8. Synthèse des effets prédicteurs de la flexibilité et de la métacognition sur les scores but et les scores puzzle en fonction des outils et des conditions de réalisation du puzzle et par PM - étude 1 PUZADAPT	126
Tableau 9. Effet de la flexibilité sur la métacognition pour les deux PM - étude 1 PUZADAPT	127
Table 10. Liens entre les outils de flexibilité et ceux de métacognition - étude 1 PUZADAPT	128
Tableau 11. Liens entre la flexibilité et la métacognition aux deux points de mesure - l'étude 1 PUZADAPT	130
Tableau 12. Déroulement typique des différentes étapes de l'étude 2 STRAFIX	145
Tableau 13a. Statistiques descriptives des différentes variables mesurant le fonctionnement cognitif – étude 2 STRAFIX.....	149
Tableau 13b. Statistiques descriptives des différentes variables relatives à la tâche de tri de cartes – étude 2 STRAFIX.....	1
Tableau 14a Statistiques descriptives de l'échantillon pour la constitution des groupes – étude 2 STRAFIX.....	151
Tableau 14b Répartition des enfants avec le contrebalancement – étude 2 STRAFIX.....	151
Tableau 15a Statistiques Descriptives par score et par phase selon les groupes – étude 2 STRAFIX.....	152
Tableau 15b Scores Moyens d'utilisation des stratégies de verbalisation et de pointage et scores moyens de fixation du but des groupes contrôle et entraînés – étude 2 STRAFIX	152
Tableau 16. Effet des scores de fonctionnement exécutif et de métacognition les scores de but - étude 2 STRAFIX.....	157
Tableau 17. Effets de la flexibilité et de la métacognition sur les deux scores stratégiques – étude 2 STRAFIX	158
Tableau 18. Effets de la flexibilité et du fonctionnement exécutif global sur la métacognition - étude 2 STRAFIX.....	159
Tableau 19. Liens entre les différents outils de fonctionnement exécutif et de fonctionnement métacognitif - étude 2 STRAFIX.....	159
Tableau 20. Caractéristiques des listes de mots pour l'expérimentation 1 – étude 3 TREFLE	177
Tableau 21. Déroulement typique des expérimentations 1 et 2 de l'étude 3 TREFLE	178
Tableau 22. Statistiques Descriptives des variables de l'expérimentation 1- étude 3 TREFLE.....	180
Tableau 23. Effet de la flexibilité sur les scores de Rappel pour l'expérimentation 1- étude 3 TREFLE	181
Tableau 24. Caractéristiques des items pour l'expérimentation 2 - étude 3 TREFLE	190
Tableau 25. Statistiques Descriptives des variables de l'expérimentation 2-étude 3 TREFLE	194
Tableau 26. Effet de la flexibilité sur les scores de Rappel pour l'expérimentation 2- étude 3 TREFLE	195
Tableau 27. Moyenne des scores de tri (sorting), de groupement (clustering) et de rappel (SD) au post-test et au transfert dans chaque Groupe * Listes, expérimentation 2 – étude 3 TREFLE	196
Tableau 28. Effets de l'ordre de présentation des puzzles, des contraintes et du genre sur les performances moyennes de réalisation du puzzle aux deux points de mesure	VIII
Tableau 29 Effets du genre et de l'ordre de présentation des listes sur les performances moyennes de réalisation de la tâche de mémorisation (scores moyens de rappel et d'autorépétition) en Pré et Post-test (MANOVA 1) puis en Transfert (MANOVA 2) de l'expérimentation 1(GS) – étude 3 TREFLE.....	XXX
Tableau 30. Effets du genre et de l'ordre de présentation des listes sur les performances moyennes de réalisation de la tâche de mémorisation (scores moyens de rappel et de groupement catégoriel) en Pré et Post-test (MANOVA 1) puis en Transfert (MANOVA 2) de l'expérimentation 2 (CP) – étude 3 TREFLE	XXX

AVANT-PROPOS

« *Mais que dois-je faire ?* », voici une question que de nombreux enfants se posent face à une tâche scolaire. En effet, apprendre est une tâche complexe qui implique l'utilisation de nombreux processus que l'enfant doit apprendre à maîtriser. Comme le soulignent Pelgrims et Cèbe (2013), face à une activité scolaire « *l'élève doit non seulement faire attention à ce qu'il fait, mais aussi et surtout, à ce qu'il pense, à ce qu'il comprend, à ce qu'il apprend, aux affects et aux tendances d'actions qui peuvent l'écarter de sa tâche et de son rôle d'élève* » (p. 126). Cette définition s'appuie sur les concepts de surveillance et de contrôle de son activité pour atteindre le but visé, ce qui relève de trois cadres théoriques complémentaires : l'autorégulation des apprentissages, qui renvoie aux processus par lesquels un apprenant mobilise des connaissances et des stratégies en fonction du contexte, afin d'organiser et contrôler son apprentissage pour atteindre un but ; les fonctions exécutives (FE), qui regroupent l'ensemble des processus permettant à un individu de réguler de façon intentionnelle sa pensée et ses actions afin d'atteindre des buts ; la métacognition, connaissance que l'on a de ses propres processus cognitifs, et du contrôle que l'on exerce sur eux.

Le développement des capacités d'autorégulation de l'apprentissage chez le jeune enfant est au cœur des préoccupations actuelles en psychologie du développement et en psychologie de l'éducation (Jacob et al., 2019a et b ; Jeong & Frye, 2020 ; Marulis et al., 2020 ; Marulis & Nelson, 2020 ; Perry, 2019 ; Zachariou & Whitebread, 2019). On reconnaît désormais que les habiletés impliquées dans l'autorégulation de l'apprentissage et dans les FE ont un rôle déterminant dans la réussite scolaire ultérieure (Ahmed et al., 2019 ; Perry & Rahim, 2011 ; Zelazo & Carlson, 2020), voire, seraient prédictives d'une adaptation réussie à l'école (Blair, 2002 ; Blair & Diamond, 2008). FE et métacognition sont explicitement articulées dans la littérature sur l'autorégulation (Lyons & Zelazo, 2011 ; Marulis et al., 2020 ; Marulis & Nelson 2020 ; Pennequin, 2021 ; Roebbers, 2017). Toutefois, on manque d'investigations précises sur le fonctionnement et les liens qui unissent les processus à l'œuvre chez les enfants d'âge préscolaire (Roebbers, 2017 ; Bryce & Whitebread, 2012 ; Blair & Ursache, 2011). Cette période suscite néanmoins un vif intérêt car on lui reconnaît supporter de nombreux changements, tant sur le plan du langage que de la pensée ou du raisonnement (Garon et al., 2008 ; Jeong & Frye, 2020 ; Monette et al., 2015 ; Zelazo & Müller, 2002).

Par ailleurs, le contexte éducatif implique quasi en permanence des changements de règles ou d'environnement, que l'enfant doit appréhender pour évoluer positivement dans ce nouveau milieu. Dès la première rentrée scolaire, on attend des enfants qu'ils se comportent en élèves capables de diriger leur attention sur une tâche précise et d'être relativement autonomes dans leur travail. Ces jeunes enfants doivent vite apprendre à internaliser les règles et à les suivre, être capables d'écouter une consigne et y répondre. La capacité des élèves à se conformer à la demande de l'enseignant ou à s'organiser dans les tâches scolaires sont reconnues comme des

déterminants des performances scolaires en maternelle (Guimard et al., 2012). Tous ces changements leur permettent une meilleure régulation de leurs comportements dirigés vers un but (Best et al., 2009 ; Chevalier et al., 2014 ; Wiebe et al., 2011 ; Zachariou & Whitebread, 2019). Cette période semble aussi déterminante pour favoriser le passage d'une régulation réactive plus instinctive à une régulation proactive plus réfléchie, où des processus d'apprentissage complexes peuvent être construits (Blackwell & Munakata, 2014 ; Gonthier et al., 2019 ; Zelazo, 2015). Cependant, les habiletés d'autorégulation ont tendance à être sous-estimées chez les plus jeunes (Perry, 2019 ; Perry & Winne, 2006 ; Whitebread et al., 2007, 2009) et plusieurs points de vue s'affrontent concernant leur développement. La question se pose alors de savoir à partir de quand on peut parler d'apprentissage autorégulé, et quels facteurs peuvent exercer une influence sur ce processus.

Par ailleurs, les modèles d'autorégulation de l'apprentissage forment un cadre théorique intégratif et cohérent pour comprendre comment des apprenants peuvent être plus stratégiques et plus performants dans leurs apprentissages (Panadero, 2017 ; Winne, 2018). En effet, les stratégies cognitives sont étroitement liées à l'autorégulation de l'apprentissage et leur étude pourrait contribuer à mieux comprendre le développement de ce processus complexe (Azevedo, 2009 ; Boekaerts & Corno, 2005 ; Clerc, 2013). Certains travaux suggèrent que l'utilisation des signaux (*cue utilization*) ainsi que celle de stratégies explicites d'auto-identification des indices d'une tâche semblent des pistes prometteuses, particulièrement avec les jeunes enfants (Doebel et al., 2018 ; Fitamen et al., 2019 ; Kray et al., 2008 ; Lucenet & Blaye, 2019 ; Roebbers et al., 2019). Les recherches sur l'entraînement stratégique ont par ailleurs montré l'importance de la métacognition dans l'efficacité de l'entraînement (Pressley & Harris, 2009 ; Winne, 2017). En entraînant des enfants aux stratégies, on leur offre l'opportunité d'apprendre où et quand elles fonctionnent, quels sont leurs avantages, et comment ces stratégies peuvent être adaptées à de nouvelles situations. L'enseignement de stratégies cognitives (mémorisation et résolution de problème) et métacognitives (auto-instruction et guidage) serait ainsi une piste prometteuse pour soutenir le développement de l'autorégulation de l'apprentissage.

En effet, il a été fréquemment montré qu'après entraînement, une stratégie est plus fréquemment utilisée et plus efficace (Bjorklund et al., 1997 ; Luxembourger et al., 2014 ; Diamond & Lee, 2011). Une question peu explorée en revanche, est celle du maintien de ce bénéfice lorsque la stratégie est transférée. Autrement dit, une stratégie maîtrisée garde-t-elle son effet bénéfique dans une tâche de transfert ? Plusieurs études récentes montrent qu'un tel transfert de stratégie cognitive peut s'accompagner d'une baisse de son bénéfice dans la tâche de transfert (Clerc & Miller, 2013 ; Clerc et al., 2017). En revanche, encore trop peu d'études se sont penchées spécifiquement sur l'effet d'un entraînement stratégique sur une tâche de transfert (Clerc et al., 2021 ; ou pour un profil approchant Schwenck et al., 2007, 2009) : une baisse d'efficacité stratégique au transfert se manifeste-t-elle quand la stratégie a donné lieu à

un entraînement explicite dans la première tâche ? Etant donné la fréquence avec laquelle le transfert d'apprentissages est nécessaire dans la vie courante et en particulier dans le quotidien scolaire des enfants, cette question mérite d'être étudiée.

Ce travail de thèse vise précisément à éclairer les relations spécifiques entre autorégulation de l'apprentissage, fonctions exécutives et métacognition chez de jeunes enfants. Nous nous intéressons plus spécifiquement aux deux premières étapes de l'autorégulation, à savoir la fixation d'un but (*planification*) et le déploiement des stratégies (*monitoring*). Il s'agira de déterminer quels sont les processus à l'œuvre dans le choix des buts et quelles contraintes internes et externes de régulation peuvent agir dessus, afin d'améliorer la compréhension des progrès observés au cours du développement. Plus précisément, il s'agira de tester l'implication des capacités individuelles de flexibilité cognitive et de métacognition sur la capacité d'enfants de 4 à 7 ans à s'autoréguler, à s'adapter aux modifications de l'environnement pendant la réalisation d'une activité, et à mobiliser des stratégies cognitives entraînées. L'accent sur le caractère dynamique de l'autorégulation sera mis en avant dans une perspective développementale (Winne & Perry, 2000 ; Winne, 1995). Ce travail permet également de croiser à la fois une approche développementale et différentielle avec le champ de la psychologie de l'éducation, en explicitant les points de convergences et les articulations qui existent entre eux.

PLAN DE LA THESE

Cet écrit est divisé en sept chapitres, organisés en deux parties suivies de la discussion générale et la conclusion. Dans une première partie, composée de quatre chapitres, nous posons les bases théoriques qui nous ont permis de développer notre problématique. Ainsi, dans le premier chapitre, le cadre conceptuel des apprentissages autorégulés et ses implications sont définis plus précisément. Après une contextualisation historique nous nous intéressons à la définition et aux principaux composants de l'autorégulation de l'apprentissage. Nous traitons ensuite de l'importance des stratégies cognitives dans ce processus complexe. Ce chapitre se termine par la présentation d'un modèle majeur dans ce domaine : le modèle 'COPES' développé par Winne (1997, 2011, 2017) qui souligne l'impact des stratégies et de la métacognition pour autoréguler son apprentissage. Dans le deuxième chapitre, nous nous intéressons plus particulièrement aux caractéristiques du développement de l'autorégulation de l'apprentissage chez le jeune enfant, notamment dans le contexte scolaire. Nous apportons également quelques précisions sur les aspects méthodologiques et les outils pour mesurer ce processus complexe. Le développement des stratégies sera aussi précisé à travers l'éclairage spécifique du modèle de Siegler, puisque les stratégies sont au cœur de l'autorégulation des apprentissages. Nous terminons ce deuxième chapitre en présentant le modèle d'acquisition stratégique de Miller qui nous permet de revenir sur un phénomène particulier : la déficience d'utilisation d'une stratégie. Nous expliquons aussi ses origines et des pistes pour y faire face seront proposées. Dans le troisième chapitre, nous développons les concepts de Fonctions Exécutives (FE) et de Métacognition qui permettent une meilleure compréhension des processus impliqués dans l'autorégulation de l'apprentissage. Nous définissons ces concepts et présentons les principaux modèles qui s'y rattachent, tout en précisant les liens et articulations qui unissent et distinguent ces trois concepts. L'importance des FE et de la métacognition en tant que facteurs individuels modulant l'autorégulation est soulignée, et plus particulièrement à travers la fixation du but, étape centrale de l'autorégulation de l'apprentissage. Le quatrième chapitre traite du développement des composantes de l'autorégulation de l'apprentissage, FE et métacognition chez le jeune enfant. Ces concepts sont repris en présentant des éléments issus à la fois des recherches en psychologie du développement et en psychologie de l'éducation. Nous insistons sur l'interaction entre les caractéristiques individuelles de l'apprenant, ses connaissances, et la tâche en cours, dans une perspective dynamique (Winne, 1995 ; Winne & Perry, 2000). Cette première partie théorique exposée, nous posons la problématique de cette thèse avant d'exposer notre contribution expérimentale qui se compose de trois études.

Dans un premier temps, afin de mieux comprendre les liens entre l'autorégulation de l'apprentissage, les FE et la métacognition chez le jeune enfant, nous nous sommes intéressés spécifiquement à la fixation du but, première étape de l'autorégulation des apprentissages (Etude 1). Ainsi, la première étude (« PUZADAPT »), de nature longitudinale, a évalué sur une année

scolaire, le rôle joué par la flexibilité cognitive et la métacognition sur la capacité d'enfants de 4 à 5 ans à s'adapter aux modifications de l'environnement pendant la réalisation d'un puzzle. Nous avons voulu tester si l'annonce d'une contrainte dans les consignes d'exécution de la tâche (condition de changement prévisible) poussait les jeunes enfants à modifier leur but d'apprentissage, comparativement à une situation où la contrainte n'est pas annoncée (condition de changement imprévisible). Un outil ludique et original a été spécifiquement créé pour mesurer le choix du but : les Planches Nounours de Choix de But (*PNCB* ©). Deux outils de mesure de la flexibilité, et deux autres mesurant la métacognition, ont été utilisés afin de mieux cerner les processus à l'oeuvre. La deuxième étude (« STRAFIX »), dans le prolongement de la première, se propose de tester l'effet d'un entraînement collectif à l'utilisation de deux stratégies d'auto-identification des indices d'une tâche (verbalisation et pointage), sur la fixation du but chez des enfants de 4 ans dans un contexte écologique. L'influence de la flexibilité, du fonctionnement exécutif global et de la métacognition sur la fixation du but et sur le recours aux stratégies ont été également testées. Cette étude permet de s'intéresser aux deux premières étapes de l'autorégulation des apprentissages : la fixation du but et l'utilisation des stratégies. STRAFIX contribue aussi à dégager les spécificités de plusieurs outils évaluant la flexibilité et la métacognition, et d'envisager des liens avec le fonctionnement intellectuel plus global (Progressives Matrices Colorées de Raven, PM47) et les FE mesurées de manière globale (CHEXI). La troisième et dernière étude (« TREFLE »), consiste aussi à tester l'effet d'un entraînement stratégique mais en se centrant exclusivement sur la deuxième étape de l'autorégulation de l'apprentissage (l'utilisation des stratégies) et en ajoutant un focus particulier sur la question des transferts cognitifs. Elle comprend deux expérimentations de nature transversale, dont l'objectif est de tester l'implication de la flexibilité cognitive sur la capacité d'enfants de 5 à 7 ans à transférer une stratégie mnésique pour laquelle ils ont été entraînés. L'effet bénéfique de cette stratégie sur le rappel mnésique est également mesuré.

Enfin, la discussion générale des résultats des trois études permet de souligner les apports de cette thèse sur la compréhension du développement cognitif des jeunes enfants, mais aussi d'en soulever les limites et de dégager des perspectives de recherches futures. Nous terminerons en envisageant des applications possibles pour soutenir l'autorégulation des apprentissages chez les jeunes enfants, en école maternelle.

INTRODUCTION THEORIQUE

CHAPITRE 1 : L'AUTOREGULATION DES APPRENTISSAGES UN FONCTIONNEMENT AUTONOME, VOLONTAIRE ET STRATEGIQUE

1. Définir l'autorégulation des apprentissages : vers la recherche de l'efficience stratégique ?

1.1. *Mise en contexte historique*

L'autorégulation des apprentissages est un cadre conceptuel en pleine expansion depuis les années 2000, qui permet de mieux comprendre les aspects cognitifs, motivationnels et émotionnels de l'apprentissage (Panadero, 2017). A l'origine, dans les années 70-80 aux Etats-Unis, ce courant s'intéressait à l'impact de l'enseignement sur la mise en œuvre de certaines composantes du processus d'apprentissage, comme les stratégies de traitement de l'information ou la fixation de buts (Zimmerman, 1986, 2008). Les résultats de ces premières études avaient permis de constater des progrès chez les apprenants qui amélioraient la qualité de leurs apprentissages quand ils mobilisaient les stratégies d'apprentissage acquises. Pour autant, ces apprenants ne semblaient pas avoir systématiquement et spontanément recours à ces stratégies dans d'autres contextes, pointant ainsi les questions liées au transfert de stratégies dans un contexte nouveau. Un constat s'est alors imposé : posséder des connaissances et disposer d'un répertoire de méthodes de travail ne suffit pas pour apprendre et être un bon élève. Les aspects cognitifs, seuls, ne suffisent pas à expliquer les processus d'apprentissage et les éventuelles difficultés d'apprentissage. A partir des années 80, d'autres aspects ont été étudiés plus finement pour rendre compte de l'autorégulation de l'apprentissage, notamment les aspects motivationnels et métacognitifs qui interviennent en contexte scolaire.

L'année 1986 marque un tournant décisif dans la recherche sur l'autorégulation de l'apprentissage, suite à la présentation de plusieurs travaux internationaux lors du congrès annuel de l'American Educational Research Association. Ce congrès aboutira à une définition inclusive de l'autorégulation de l'apprentissage qui fait toujours référence aujourd'hui. L'apprenant autorégulé se définit ainsi comme un participant actif dans ses apprentissages, sur les plans métacognitif, motivationnel et comportemental (Zimmerman, 2000, 2008). Plusieurs cadres de références et modèles se sont développés depuis, majoritairement en Amérique du Nord (Etats-Unis : Corno, Pintrich, Zimmerman ; Canada : Butler & Cartier, Winne & Hadwin, modèle sur lequel nous reviendrons plus longuement ensuite), mais également en Europe (notamment sous l'impulsion des travaux de Boekaerts aux Pays-Bas).

En effet, comme le rappellent Noël et Cartier (2016), le rayonnement de ce courant de recherche ne se restreint pas à l'Amérique du Nord mais gagne très vite l'Europe où il prend de l'ampleur, notamment avec l'essor de l'approche par compétences qui était au cœur de la politique éducative européenne et plus particulièrement la compétence clé « apprendre à apprendre » (Famose & Margnes, 2016). En France et dans la francophonie, l'autorégulation de

l'apprentissage a acquis une visibilité à partir des années 2000 grâce à l'influence de travaux sur la métacognition (Doly, 2006 ; Frenkel, 2014 ; Grangeat, 1997 ; Lafortune et al., 2000 ; Toupiol, 2006) et sur la motivation (Carré & Fenouillet, 2009 ; Cosnefroy, 2010 ; Fenouillet, 2012 ; Hadji, 2012). Il existe aujourd'hui plusieurs modèles reconnus et pertinents (cf. pour revue Boekaerts, 1995 ; Cosnefroy, 2011 ; Pintrich & Zeidner, 2000 ; Zimmerman & Schunk, 2001) pour étudier sous plusieurs angles les processus à l'œuvre dans ce mode d'apprentissage, en considérant l'impact de facteurs tant individuels que contextuels.

L'autorégulation de l'apprentissage permet de reconnaître à l'apprenant le fait qu'il est acteur de son apprentissage (Zimmerman, 1990). Comme le souligne Cosnefroy (2011), l'élève doit fournir des efforts pour trouver en lui-même les ressources pour entrer dans le travail, ainsi que persister et s'adapter aux conditions changeantes du travail en cours. Actuellement, de nombreux travaux de recherche portent sur la compréhension de ce qui déclenche et formalise les choix de l'apprenant parmi les stratégies volitionnelles (Baillet et al., 2016 ; Houart, 2017 ; Poncin et al., 2017) et les stratégies cognitives (prise de décision, monitoring, mise à jour de la mémoire de travail) ainsi que sur ce qui les transforme en action (Winne, 2018 ; Winne & Hadwin, 2013). Néanmoins, les recherches dans le domaine n'ont pas encore permis de comprendre quelles sont les actions réelles et les efforts de régulation à déployer lorsque l'apprenant n'est pas assez engagé dans l'apprentissage. Un besoin apparaît alors : il s'agit de comprendre la complexité du phénomène d'autorégulation qui facilite l'apprentissage et son transfert ainsi que son impact sur la réussite scolaire. Tout au long de cette thèse, nous aurons à cœur d'articuler une approche à la fois développementale et différentielle avec le champ de la psychologie de l'éducation, pour rendre compte d'une vision plus complète de ce processus complexe, en particulier chez le jeune enfant.

1.2. Définition et implications

L'autorégulation des apprentissages est un mode d'apprentissage qui se traduit par un fonctionnement autonome, volontaire et stratégique de l'individu (Cosnefroy, 2011 ; Zimmerman, 1990). Elle implique d'exercer du contrôle et de prendre du recul sur les processus mobilisés durant le déroulement de l'activité en cours. On peut envisager l'apprentissage autorégulé comme « *la résultante d'une autodiscipline qui permet de trouver des ressources pour se mettre au travail et y rester, quoi qu'il en coûte, et d'une autoévaluation qui assure le regard critique nécessaire au repérage des erreurs et à l'amélioration du travail en cours* » (Cosnefroy, 2011, p. 6). Cela implique une participation active de l'apprenant, et suppose en particulier que ce dernier fournisse des efforts face à un travail scolaire pour acquérir des connaissances et compétences et prendre du recul sur l'activité en cours. L'autorégulation nécessite aussi d'adapter son fonctionnement cognitif et émotionnel ainsi que ses actions pour agir sur l'apprentissage et le contrôler (Boekaerts & Corno, 2005). Ainsi, l'une des fonctions de l'autorégulation est de fournir des réponses appropriées aux perturbations et aux conditions changeantes du travail en cours,

qui sinon mettraient en péril la réussite de l'apprentissage. Il s'agit d'une action compensatrice, nécessaire pour mener à bien et réussir son apprentissage, tout particulièrement lorsque la tâche à réaliser est difficile (Boekaerts & Corno, 2005). Famose et Margnes (2016) insistent sur le fait que, pour être considéré comme un apprenant autorégulé, il faut être consciemment et intentionnellement engagé dans différentes stratégies autorégulatrices pour atteindre des buts d'apprentissages spécifiques. Ces auteurs envisagent l'autorégulation de l'apprentissage comme « *les processus selon lesquels les élèves déclenchent, enregistrent et dirigent leur propre apprentissage* » (p. 54).

Boekaerts et Corno (2005) précisent quant à elles qu'un apprentissage autorégulé implique différents facteurs qui peuvent influencer la régulation. Il peut s'agir de facteurs biologiques, développementaux, individuels ou contextuels, et plus particulièrement la capacité de se servir de standards pour diriger l'apprentissage et atteindre les buts visés. L'autorégulation de l'apprentissage peut aussi être envisagée comme une action située dans un « *event* » ayant un début et une fin (Winne & Perry, 2000). L'envisager ainsi permet de se concentrer sur l'aspect dynamique et continu de ce processus complexe, qui est mobilisé par un individu dans un contexte donné et qui se développe et devient plus sophistiqué avec le temps et la pratique (De la Fuente Arias & Diaz, 2010 ; Vandeveld et al., 2015 ; Winne, 1997 ; Winne & Perry, 2000). En le considérant comme une compétence et pas seulement comme un événement, cela permet également de l'inscrire dans une perspective développementale qui met l'accent sur les aspects cognitifs du processus. Ainsi, la prise en compte de la relation individu–contexte, notamment le contexte scolaire, reste fondamentale dans les travaux sur l'autorégulation de l'apprentissage (Cartier & Mottier-Lopez, 2017 ; Noël & Cartier, 2016).

Cartier et Butler (2016) envisagent l'autorégulation de l'apprentissage comme un processus complexe et dynamique d'actions et de pensées, « *qui prend sa source dans l'histoire de l'apprenant, et qui s'adapte aux divers contextes* » (p. 42). Ainsi, les apprentissages que l'individu a déjà réalisés et qu'il apporte avec lui dans le contexte du nouvel apprentissage à effectuer sont déterminants. Ils incluent les aspects cognitifs, métacognitifs et affectifs à mobiliser pour apprendre, ainsi que les forces, défis, centres d'intérêts et expériences antérieures de l'apprenant. L'apprentissage autorégulé est alors conçu comme un processus mobilisé par un apprenant « *dans une situation d'apprentissage, en intégrant cette relation à un contexte social, historique et culturel donné et à ce que les personnes elles-mêmes apportent dans cette situation* » (p. 53).

Les travaux actuels visent à mieux comprendre les facteurs qui influencent les processus d'autorégulation, en particulier la métacognition (Dörr & Perels, 2019 ; Robson, 2016 ; Winne, 2017), ainsi que les caractéristiques de la tâche et/ou du contexte (Cleary et al., 2012 ; Cosnefroy & Jézégou, 2013 ; Depover et al., 2016 ; Gorges & Göke, 2015 ; Mottier Lopez, 2016). Enfin, les aspects développementaux du processus sont davantage étudiés ces dernières années afin de

préciser quels sont les déterminants et les précurseurs de l'autorégulation de l'apprentissage (Dörr & Perels, 2019 ; Jacob et al., 2019a et b ; Jeong & Frye, 2020 ; Perry, 2019 ; Zachariou & Whitebread, 2019). Nous y reviendrons plus longuement dans le chapitre 3.

1.3. Principaux composants

Les différents modèles d'apprentissage autorégulé partagent quatre postulats (Berger, 2013 ; Pintrich, 2000, 2004). Ils reconnaissent aux apprenants :

- 1) d'être des participants actifs dans le processus d'apprentissage, admettant par là un ancrage constructiviste. A partir des informations disponibles tant dans l'environnement que dans leur propre représentation de la tâche, les apprenants construisent leurs propres significations, leurs buts et leurs stratégies.
- 2) d'être en mesure de réaliser du monitoring, de contrôler et réguler certains aspects de leur propre cognition, motivation et comportement, ainsi que certaines caractéristiques de leur environnement. Ceci ne signifie pas que cela soit systématique, mais bien que c'est une possibilité, propre à s'exprimer en fonction des contraintes (notamment développementales).
- 3) de se fixer des buts, notamment en utilisant des critères ou standards pour réaliser des comparaisons leur permettant d'évaluer (monitoring) si les processus d'apprentissage doivent continuer de la même façon ou si des changements sont nécessaires (contrôle).
- 4) de bénéficier des activités d'autorégulation, telles que les stratégies métacognitives, qui jouent le rôle de médiateurs entre les caractéristiques personnelles et contextuelles, et la performance effective. L'autorégulation joue ainsi un rôle prépondérant : les caractéristiques personnelles et contextuelles seules ne suffisent pas à expliquer les performances de l'apprenant.

On peut donc considérer, comme le font Cosnefroy (2011) ou Famose et Margnes (2016), que les principales compétences pour s'autoréguler, et qui font consensus quels que soient les auteurs, consistent à pouvoir 1) identifier des buts qui donnent du sens au travail et se les fixer comme des buts à atteindre, 2) planifier son travail et être capable de réviser ce plan, si cela est nécessaire, en s'adaptant et en modifiant son comportement face aux changements internes ou environnementaux, et 3) se protéger des distractions en adoptant une grande variété de stratégies (de révision de buts, d'organisation ou d'élaboration...) nécessaires à la réalisation de tâches scolaires notamment. Cela implique une dernière clé qui est, 4) d'être capable de prendre conscience des caractéristiques essentielles ou récurrentes de ses propres comportements en situation, et de générer des feedback internes (Butler & Winne, 1995) sur le processus d'apprentissage pour pouvoir s'ajuster et contrôler son apprentissage.

Pour résumer, un apprentissage autorégulé est constitué des processus par lesquels un apprenant mobilise des connaissances et des stratégies en fonction du contexte, afin d'organiser et contrôler son apprentissage en vue d'atteindre son but. Parmi ces processus, on trouve en particulier les capacités de réflexion, d'adaptation, et d'ajustement d'un apprenant qui fait face à

des changements, reliant ainsi les caractéristiques personnelles et contextuelles en situation d'apprentissage.

1.4. Les différentes étapes

Le cadre théorique de l'autorégulation des apprentissages permet de comprendre comment les apprenants forment et maintiennent des intentions d'apprendre, à travers l'étude des processus cognitifs et affectifs en jeu. On distingue plusieurs étapes dans l'autorégulation : après avoir étudié les ressources et contraintes perçues dans la tâche, l'apprenant peut se fixer un but et planifier la manière de l'atteindre par l'utilisation des stratégies adéquates (Winne, 2011, 2018 ; Zimmerman, 2013). Comme le souligne Azevedo (2009), de nombreux modèles mettent en avant l'existence d'une séquence chronologique générale que l'apprenant suivrait pendant l'exécution d'une tâche, mais aucune hypothèse forte n'est formulée sur la structure de cette séquence. Est-elle constituée de différentes phases (planification, monitoring, contrôle) ? Passe-t-elle par une construction hiérarchique ou linéaire ? Quels sont les liens qui existent avec le développement ? Autrement dit, il s'agit de comprendre : Quand ? Comment ? Quoi réguler ? Actuellement, la tendance est plutôt en faveur de la linéarité de l'activité, en distinguant plusieurs étapes dans l'autorégulation, dont trois en particulier :

- Phase 1) PREPARATOIRE : entrée dans l'action (*planification*)

Cette étape consiste, comme son nom l'indique, à se préparer à entrer dans l'action en activant ses représentations, connaissances et croyances motivationnelles concernant la tâche (Boekaerts, 1999 ; Cosnefroy, 2011). Ces représentations peuvent concerner la tâche à effectuer et son contexte (règles tacites ou explicites, attentes de l'enseignant, critères de notation, contraintes ou ressources : temps imparti, aide disponible...), des savoirs disciplinaires et métacognitifs, ou encore des croyances motivationnelles (Sentiment d'Efficacité Personnelle, schémas de soi, buts à long terme, valeur accordée à la tâche, intérêt). Il s'agit de se fixer un but et de planifier la manière de l'atteindre par l'utilisation des connaissances et stratégies appropriées. L'individu formule ainsi une intention d'apprendre (Boekaerts, 1999 ; Boekaerts & Corno, 2005) et définit un but spécifique à atteindre. Cette définition du but visé va notamment soutenir l'effort et précéder l'investissement personnel. La phase préparatoire est une phase d'anticipation, parfois appelée prédécisionnelle (Famose & Margnes, 2016). Sans elle, rien n'est possible : c'est pourquoi nous nous sommes plus particulièrement intéressés à cette étape-clé, sur laquelle nous reviendrons plus longuement par la suite.

- Phase 2) ENGAGEMENT dans l'activité et contrôle de l'action (*monitoring*)

Durant cette phase, parfois dite de réalisation ou de contrôle volitionnel (Famose & Margnes, 2016), il s'agit de mettre en œuvre les stratégies d'autorégulation (stratégies cognitives, d'apprentissage, métacognitives, de contrôle de l'action et de l'effort) afin d'atteindre le but visé. L'apprenant initie et exécute les actions qui conduisent à l'atteinte du but visé, par le déploiement

de stratégies. Cette phase implique aussi une régulation de l'effort, et affecte par là-même la concentration de l'apprenant et la réalisation de l'activité. Elle suppose d'être à l'écoute des modifications ou perturbations qui peuvent apparaître en cours d'exécution d'une tâche. Par conséquent, elle implique de surveiller son activité ainsi que l'environnement, pendant la réalisation de la tâche. Aussi cette phase nécessite de pouvoir s'auto-observer. En effet, le contrôle de l'action représenté par des changements ou ajustements du processus en cours via une stratégie n'est possible que grâce à une auto-observation préalable. « *Le contrôle, qui nécessite de puiser dans le répertoire de stratégies disponibles, est le bout d'une chaîne commençant par l'observation de soi* » (Cosnefroy, 2011, p. 132). Des rétroactions sont ainsi possibles, traduisant l'aspect dynamique du processus d'autorégulation. La présentation de cette deuxième phase du processus permet de souligner l'importance des stratégies, quelles qu'elles soient. Elles sont indispensables pour pouvoir s'autoréguler, ce qui suggère qu'une meilleure connaissance de ces stratégies peut contribuer à soutenir le développement des compétences d'autorégulation (Cosnefroy, 2011) : nous nous sommes également intéressés à cette facette déterminante de l'autorégulation.

- Phase 3) EVALUATION de l'activité (*restructuration*)

Cette dernière étape vise une forme d'autoréflexion et d'autoréaction face à la situation vécue. Il s'agit de faire le point par rapport à l'étape 1, en particulier le plan d'action et le but visé, par un processus d'autoévaluation et de recherche des causes des résultats obtenus, qu'ils soient positifs ou non. Elle permet une restructuration des connaissances, en fonction des types d'attributions utilisées pour déterminer si le résultat est une réussite ou un échec. Elle influence donc la perception des compétences et peut conduire à une modification, parfois profonde, des croyances métacognitives qui vont augmenter ou diminuer le Sentiment d'Efficacité Personnelle. Ainsi, cette dernière phase influence en retour l'anticipation ultérieure (phase 1 du prochain cycle d'apprentissage), et incite à fournir des efforts pour apprendre, voire parfois à abandonner. On peut donc envisager cette phase comme une phase qui renforce la prise de conscience de ses forces et faiblesses face à une tâche.

Nous venons de présenter les trois principales étapes de l'autorégulation de l'apprentissage actuellement admises : une phase préparatoire de planification avant de s'engager dans l'activité, une phase d'engagement et de monitoring pendant la réalisation de celle-ci, et une phase d'évaluation une fois l'activité réalisée. Cependant, il convient de préciser que certains auteurs comme Pintrich (2000) ou Winne (2018) insistent sur le fait que ces phases ne sont pas hiérarchiquement ou linéairement structurées. Planification, monitoring et évaluation peuvent survenir simultanément de manière dynamique, en fonction de l'avancée dans la tâche et des feedbacks internes ou externes fournis par le monitoring. La planification et les buts visés initialement, tout comme les stratégies mobilisées, peuvent ainsi être modifiés à tout moment pour s'adapter à la situation, qui n'est donc pas figée. Par exemple, face à une fiche de six

exercices de mathématique à réaliser en 20 minutes, l'apprenant peut se fixer le but de tout réaliser dans le temps imparti car il pense avoir les connaissances et procédures nécessaires. Pourtant, en réalisant ces exercices il peut se retrouver en difficulté face à l'un d'eux et être ainsi amené à réviser son plan d'action initial. Il peut alors passer à l'exercice suivant et revenir à celui qui pose problème ensuite, s'il lui reste du temps. Ses connaissances métacognitives face à ce type de tâche sont alors aussi mises à jour et modifiées, de telle sorte qu'il sait désormais qu'il n'est peut-être pas si à l'aise que ça face à ce type de problème. Il peut alors aussi projeter de revoir plus attentivement cette partie en s'entraînant davantage à la maison pour préparer sa prochaine évaluation. Selon Zimmerman (1986), l'engagement dans une étape du processus d'autorégulation génère un feedback qui alimente le monitoring métacognitif des étapes précédentes ou ultérieures, amenant l'apprenant à poursuivre la démarche ou à la réajuster s'il est mal engagé. L'apprentissage autorégulé peut ainsi s'envisager comme le propose Cosnefroy (2011), comme un double processus - à l'instar du modèle de métacognition de Nelson (1996) - qui comporterait un versant bottom-up (le monitoring) et un versant top-down (le contrôle).

Les différentes étapes de l'autorégulation des apprentissages étant maintenant présentées, dans les deux points suivants nous allons nous intéresser plus particulièrement à la fixation du but et au déploiement des stratégies dans l'autorégulation des apprentissages. Il s'agit des deux étapes que nous avons investiguées dans notre contribution expérimentale. En effet, l'autorégulation de l'apprentissage peut aussi être définie comme un ensemble de « *processus par lesquels les sujets activent et maintiennent des cognitions, des affects et des conduites systématiquement orientés vers l'atteinte d'un but* » (Schunk, 1994, p. 75). La question des buts est centrale ici, l'apprenant poursuivant des buts d'apprentissage qu'il a lui-même choisis ou acceptés de poursuivre. Il se fixe également des sous-buts et utilise des stratégies d'apprentissage de manière autonome et volontaire afin d'atteindre ceux-ci, et in fine atteindre son but principal (Cosnefroy, 2011 ; Winne, 2017 ; Zimmerman, 1990). Les stratégies cognitives sont ainsi indispensables aux processus d'autorégulation, et leur étude peut contribuer à mieux comprendre le développement de l'autorégulation de l'apprentissage (Azevedo, 2009 ; Boekaerts & Corno, 2005 ; Clerc, 2013). Nous allons donc revenir sur ces deux étapes essentielles plus en détail.

2. La fixation du but : une étape clé

La définition d'un but à atteindre fait partie intégrante du processus d'autorégulation. De manière générale, les situations d'apprentissage offrent aussi l'opportunité de satisfaire d'autres buts non centrés sur les apprentissages, comme des buts d'appartenance (intégration au groupe), des buts de responsabilité sociale (agir de façon valorisée par les individus) ou des buts d'affirmation de soi. Ces situations impliquent aussi des émotions qu'il faut également savoir réguler pour atteindre ses buts. Comme le soulignent Locke et Latham (1990, 2019), les buts sont par nature quelque chose que l'on valorise et que l'on cherche à satisfaire : c'est pourquoi

les émotions sont liées à leur atteinte. Ainsi, les situations d'apprentissage peuvent favoriser l'apparition de différents buts que l'apprenant doit apprécier en fonction du contexte pour tenter de maintenir l'équilibre entre deux flux : apprendre et se sentir bien (Boekaerts, 1997). La comparaison des gains envisagés (acquisition de connaissances) et des pertes possibles (diminution du bien-être) détermine le mode d'autorégulation adopté. Ces deux modes, mode de maîtrise ou mode défensif, caractérisent le modèle du double flux de régulation de Boekaerts (*adaptive learning framework*, 1997). Apprendre de manière autoréglée renvoie ainsi à la capacité à contrôler et à modifier sa propre activité cognitive, métacognitive et émotionnelle, afin d'atteindre un but (Cosnefroy, 2011 ; Zimmerman, 1990).

2.1. Principales caractéristiques des buts

Un but peut être envisagé comme « *une représentation interne d'un résultat désiré où les états sont largement interprétés comme des résultats, des événements ou des processus* » (Austin & Vancouver, 1996). Il est à la fois le résultat à atteindre et ce qui guide l'action en lui donnant direction et énergie (Cosnefroy, 2009). Un but est aussi le reflet d'une intention qui manifeste ce que Bandura appelle l'agentivité du sujet. L'individu est plongé dans un environnement porteur de contraintes et d'opportunités, dont il va se saisir pour être l'acteur de ce qu'il lui arrive en se fixant des buts qu'il va chercher activement à atteindre (Bandura, 2008). D'ailleurs, pour Schunk (1990) un but se définit justement par « *ce qu'un individu essaye consciemment d'accomplir* » (p. 71). Les buts sont ainsi déterminants dans le processus de prise de décision. Ils ont plusieurs fonctions importantes, comme éliminer des options peu réalistes ou indiquer quelles informations recueillir et quels plans élaborer pour les atteindre (Galotti, 2005). Les apprenants entament les activités d'apprentissage avec des buts, comme acquérir de nouvelles connaissances ou résoudre un problème. Se fixer un but a des effets sur la performance. En effet, la relation entre la performance et les attributs des buts repose sur trois propriétés (Schunk, 1990) :

- *La spécificité* : pour favoriser l'apprentissage, le but doit être spécifique plutôt que général ou vague. Les buts spécifiques stimulent les performances par la spécification plus grande de l'effort exigé pour le succès et l'anticipation de l'autosatisfaction. Ils augmentent aussi le sentiment d'efficacité personnelle.
- *Le niveau de difficulté* : une plus grande difficulté du but influence positivement les efforts fournis, tout comme le niveau de compétence dans la tâche. Ainsi, les buts difficiles mènent à des niveaux de performances plus élevés que les buts faciles.
- *La proximité* : il s'agit du temps nécessaire pour pouvoir atteindre le but visé. Un but proximal a plus de force motivationnelle qu'un but distal, car cela permet de mieux percevoir les progrès, surtout chez les plus jeunes qui ont plus de difficulté à se projeter dans le long terme. Au-delà d'un mois, les buts deviendraient vagues voire irréalistes, conduisant à une perte des effets bénéfiques sur la performance et la confiance en soi (Bandura & Schunk, 1981, cités par Famose & Margnes, 2016).

Les travaux menés dans le cadre de la théorie de la fixation du but (*Goal Setting theory*, Locke & Latham, 2006, 2019, 2020) ont permis d'identifier quatre médiateurs de la fixation du but. Le premier, la *directionnalité*, fait référence au choix de la direction de l'attention et de l'effort. En effet, pour atteindre le but visé, il est nécessaire de rester concentré sur l'atteinte de ce but et sur les activités pertinentes et prioritaires pour l'atteindre, plutôt que de se laisser distraire par d'autres éléments ou conduites parasites qui nous en détourneraient. Le deuxième médiateur, *l'énergisation*, correspond à l'intensité ou la répartition de l'effort selon le niveau de difficulté du but, que l'on va concéder jusqu'à ce que le but soit atteint ou approché. L'énergisation permet de souligner à nouveau que des buts difficiles poussent à faire plus d'effort que des buts faciles. Le troisième médiateur, la *persistance ou persévérance*, permet de considérer la dimension temporelle d'un but. En effet, un but difficile nécessitera un effort plus prolongé qu'un but plus facile qui sera atteint plus rapidement. Le quatrième médiateur est la *conduite stratégique* de l'individu. En effet, un but pousse l'individu à adopter une conduite stratégique qui l'incite à mobiliser et appliquer ses connaissances pertinentes pour atteindre le but ou découvrir les stratégies pertinentes pour y parvenir.

Outre le fait que les caractéristiques du but influencent la performance, c'est aussi leur combinaison qui est déterminante (Famose & Margnes, 2016 ; Locke & Latham, 1990, 2006, 2019). Ainsi, par exemple, il est préférable de combiner difficulté et défi plutôt que de se fixer un but trop facile, tout comme la précision et la difficulté conduiront à une meilleure efficacité par rapport à un but vague ou trop général. Par exemple, se fixer un but difficile mais spécifique permet d'obtenir de meilleures performances que de se dire de faire de son mieux (but non spécifié) qui laisse un certain flou sur ce que représente le résultat à atteindre. Ce flou peut en effet amener l'individu à considérer comme acceptable un vaste choix de performances.

Enfin, le but fonctionne comme critère servant de point de comparaison pour décider s'il faut infléchir le cours de l'action (Cosnefroy 2011 ; Pintrich, 2004). Sans but, il n'y a ni processus de comparaison ni action compensatrice possible. Comme nous venons de le voir, les buts peuvent différer selon la valeur subjective qu'on leur accorde, leur degré de complexité, le degré de contrôle que l'on peut exercer sur eux, leur réalisme et leur directionnalité (but positif ou négatif) (Austin & Vancouver, 1996 ; Famose & Margnes, 2016 ; Galotti 2005 ; Locke & Latham, 1990). Néanmoins, pour pouvoir se fixer un but, il faut avant tout pouvoir se le représenter.

2.2. La représentation du but

La représentation du but se construit en s'appuyant sur les indices disponibles dans l'environnement, indices qui signalent quelles sont la tâche, la procédure à utiliser et l'action à réaliser (Blaye, 2021 ; Chevalier et al., 2014). L'apprenant doit déduire de ces informations quel est le but visé dans la tâche en activant ses connaissances conceptuelles. On entend par concept, une représentation abstraite du réel (Chemlal & Cordier, 2006, cités par Maintenant et al., 2020) et par conceptualisation, le processus par lequel cette abstraction est réalisée et

utilisée. La conceptualisation participe ainsi à notre compréhension du monde, en nous permettant de construire des représentations mentales des différentes catégories d'objets, d'activités ou de phénomènes qui nous entourent : les connaissances conceptuelles. Celles-ci sont donc nécessaires à la représentation du but puisqu'elles vont permettre d'identifier la tâche et d'en déduire ainsi le but sous-jacent. En effet, définir un but nécessite une analyse précise de la tâche à effectuer, ce qui exige à la fois une compréhension correcte de la tâche et une évaluation de sa difficulté. Cette analyse mobilise les connaissances conceptuelles de l'individu. De plus, les connaissances et les compétences requises pour une tâche sont essentielles pour se représenter un but : on ne peut pas atteindre un but si on ne sait pas comment y parvenir. Pourtant, dans le contexte scolaire, les connaissances, compétences ou procédures nécessaires à la réalisation de certaines tâches ne sont pas systématiquement ou suffisamment enseignées, ce qui peut expliquer les différences entre les élèves et contribuer à la création d'inégalités (Bautier & Goigoux, 2004 ; Goigoux et al., 2004). En effet, on constate parfois que les élèves ne sont pas conscients des actions nécessaires pour apprendre : prêter attention, ignorer les distractions, persister dans la tâche, être organisé et planifier son travail (Blair & Razza, 2007 ; Simons et al., 2020).

Par ailleurs, les indices disponibles dans l'environnement peuvent fournir à l'enfant des feedbacks lui permettant d'ajuster sa conduite autorégulée au fur et à mesure de son avancée dans la tâche, afin de continuer à poursuivre son but. En effet, il ne suffit pas de se fixer un but pour l'atteindre, certains éléments contextuels pouvant détourner un enfant de ses apprentissages (Chevalier, 2015 ; Leclercq & Clerc, 2018). Un but peut ainsi pousser un individu à utiliser ses connaissances et ses capacités sur la tâche, mais celui-ci doit aussi pouvoir ajuster son comportement, tout particulièrement lorsqu'il se trouve confronté à de nouvelles tâches complexes. Ces capacités d'adaptation face à la nouveauté ou aux perturbations correspondent aux capacités exécutives. La représentation du but permet ainsi de comprendre les interactions entre les connaissances conceptuelles et les compétences exécutives (Blaye, 2021 ; Chevalier et al., 2014 ; Simpson & Carroll, 2018) sur lesquelles nous reviendrons plus tard.

La représentation du but est importante car elle « guide les conduites en renforçant l'activation des actions les plus appropriées pour atteindre ce but » (Blaye, 2021, p. 40). Comme nous venons de le voir, elle dépend de nombreux facteurs, et les caractéristiques du but et de la tâche elle-même sont déterminantes, tout comme les connaissances et compétences des individus. Aussi, on peut se demander comment intervenir pour aider l'enfant à repérer et se fixer un but, étape clé du processus d'autorégulation des apprentissages.

2.3. Favoriser le repérage et la fixation du but

Famose et Margnes (2016, p. 207) proposent des pistes pour un enseignement efficace de la fixation du but :

- 1) Encourager les apprenants à énoncer clairement un but positif, afin qu'ils sachent exactement ce qui doit être atteint.
- 2) Les encourager à découper en sous-buts atteignables à court terme un but final à plus long terme, et travailler ainsi la planification.
- 3) Les aider à se concentrer sur un seul but à la fois, et sur un temps court, afin de leur permettre de constater leur évolution et progrès et de maintenir leur intérêt. Ce but, et les sous-buts qui le composent, doivent être spécifiques et mesurables.
- 4) Chacun doit pouvoir sélectionner un but personnellement choisi parmi les nombreux buts possibles suggérés par l'enseignant, et pouvoir l'atteindre le moment voulu, à une date spécifique.

Autrement dit, il est recommandé de demander aux apprenants de préciser leurs attentes, d'explicitier leurs buts et de les consigner par écrit, ainsi que de déterminer un calendrier de travail.

Une autre façon d'agir sur la fixation du but consiste à agir sur les indices disponibles dans l'environnement qui vont guider la construction du but. L'explicitation du but, de manière très concrète, en intervenant directement sur l'environnement pour représenter matériellement le but, semble favorable. Par exemple, face à l'activité saut en longueur, les performances des élèves sont meilleures - ils sautent significativement plus loin - quand une marque est dessinée au sol et qu'on leur demande de « sauter jusqu'à la ligne », plutôt que lorsqu'on leur dit de « sauter le plus loin possible » sans aucun repère. En effet, si les signaux fournis par la tâche semblent aider les jeunes enfants à améliorer leurs performances, la nature de ces signaux et des tâches utilisées déterminent leur efficacité (Fitamen et al., 2019). Une récente étude menée auprès d'enfants de 7 à 10 ans a révélé des différences liées à l'âge dans la précision du monitoring, dans l'utilisation des signaux et leur validité. Alors que la précision du suivi augmente avec le temps dans les deux groupes d'âge, l'utilisation des signaux n'a augmenté que chez les enfants plus jeunes (Roebbers et al., 2019). De ce point de vue, l'utilisation de stratégies explicites d'auto-identification des indices semble une piste prometteuse, en particulier les stratégies de pointage et de verbalisation du but (Lucenet & Blaye, 2019). Une étude menée par Doebel et al. (2018) a confirmé qu'un discours autodirigé (par exemple verbalisation, étiquettes, éléments répétés, règles de tâche) peut favoriser un contrôle proactif, en aidant les enfants à former et à maintenir actives des représentations abstraites robustes et pertinentes (Munakata et al., 2012). Cette étude montre que fournir aux enfants des étiquettes familières pour de nouvelles cibles facilite le suivi des cibles face aux distracteurs, dans une tâche impliquant des changements de buts aléatoires. La plupart de ces études ont montré des effets bénéfiques moins prononcés de cette stratégie de verbalisation avec l'âge (Lucenet, & Blaye, 2019). Ainsi, elle semble plus particulièrement adaptée auprès des jeunes enfants.

Les travaux actuels montrent ainsi que pour aider un apprenant à repérer et se fixer un but, il est recommandé d'explicitier ou de lui faire explicitier le but visé dans la tâche (voir Blaye, 2021 pour une synthèse récente). De plus, aider l'apprenant à identifier les stratégies d'atteinte du but semble également important, soulignant par là une autre facette de l'autorégulation des

apprentissages : la place des stratégies. En effet, les modèles d'autorégulation des apprentissages forment un cadre cohérent d'intégration, à partir duquel mener des recherches pour comprendre comment des apprenants peuvent apprendre à être plus stratégiques et plus performants dans leurs apprentissages (Panadero, 2017 ; Winne, 2018).

3. Les stratégies au cœur du processus d'autorégulation

3.1. Définition

Une stratégie cognitive est une procédure ou un ensemble de procédures produit pour atteindre un but (Lemaire & Reder, 1999). Elle est aussi considérée comme un traitement de l'information intentionnel et délibéré qui va permettre d'améliorer ses performances (Bjorklund et al., 1992). Comme le souligne Lemaire (2010), adopter une perspective stratégique consiste à s'intéresser davantage à la manière dont on atteint un but, qu'à la mesure du résultat obtenu (par exemple, taux d'erreurs, latences). Comme nous l'avons vu plus haut, l'autorégulation des apprentissages implique de disposer d'un répertoire de stratégies efficaces pour apprendre (Cosnefroy, 2011). L'un des enjeux majeurs est l'efficacité avec laquelle des apprenants seront à même de sélectionner, combiner et coordonner ces stratégies (Boekaerts, 1999), ces différents processus impliquant par ailleurs des efforts conséquents sur le plan cognitif.

Quatre dimensions stratégiques sont à prendre en considération (Lemaire & Siegler, 1995), toutes soumises à des variations inter et intraindividuelles. Il s'agit 1) du répertoire stratégique, soit l'ensemble des stratégies disponibles pour accomplir une tâche, 2) de la distribution stratégique, qui rend compte de la fréquence d'utilisation des stratégies, 3) de la sélection stratégique, reflétant la capacité à utiliser et choisir une stratégie parmi plusieurs et enfin, 4) de l'exécution stratégique, correspondant à l'implémentation de la stratégie, généralement évaluée par la vitesse et/ou l'efficacité. Pour Lemaire (2010), la dimension la plus originale de ce cadre conceptuel concerne la sélection stratégique, qui permet de déterminer comment une stratégie est choisie parmi plusieurs disponibles. Dans la mesure où le choix d'une stratégie requiert souvent de l'enfant un niveau élevé de contrôle cognitif (Pressley & Harris, 2009), l'autorégulation des apprentissages, qui implique fréquemment un tel choix, nécessite des capacités de contrôle cognitif également élevées.

3.2. Stratégies mises en oeuvre dans l'autorégulation des apprentissages

Les principales stratégies d'autorégulation peuvent être réparties en trois catégories (Cosnefroy, 2011). D'une part, on distingue les stratégies d'apprentissages qui agissent directement sur le processus d'apprentissage, et visent la production de connaissances. D'autre part, on trouve les stratégies motivationnelles et volitionnelles de contrôle de l'action, qui agissent plutôt de manière indirecte et concernent davantage les conséquences affectives liées à l'apprentissage. Elles visent à protéger l'intention d'apprendre en maintenant l'effort et

l'engagement dans la tâche. Ces deux premières catégories regroupent des stratégies favorables à l'apprentissage. Une troisième catégorie peut être distinguée, qui est celle des stratégies défensives qui visent à protéger l'estime de soi. Elles sont plutôt défavorables à l'apprentissage, et sont davantage à l'œuvre lorsque la situation implique des enjeux personnels particulièrement importants. Dans cette thèse, nous nous sommes intéressés plus particulièrement à la première catégorie.

Les stratégies d'apprentissages comprennent les stratégies cognitives, les stratégies métacognitives, et les stratégies de gestion de ressources dont la principale caractéristique est de faciliter les processus et d'optimiser le traitement de l'information. La taxonomie des stratégies d'apprentissage la plus fréquemment citée en psychologie de l'éducation est celle de Weinstein et Mayer (1986). Elle permet de distinguer trois grandes catégories de stratégies : les stratégies de répétition, d'organisation, et d'élaboration. Les premières servent surtout à sélectionner et encoder l'information telle qu'elle a été transmise. Elles visent la mémorisation grâce à une répétition active. Elles peuvent prendre la forme d'un apprentissage par cœur mais cela passe aussi par des comportements tels que surligner, encadrer, recopier, réciter... Si l'on adopte une perspective développementale, l'une des premières stratégies mnésiques à être utilisée spontanément par de jeunes enfants est la stratégie d'auto-répétition (*rehearsal strategy*, Schneider et al., 2009), qui apparaît vers 6-7 ans (Bjorklund et al., 2009).

Les stratégies d'organisation permettent d'établir des relations entre les informations à apprendre : regrouper, classer, hiérarchiser, résumer, représenter sous différentes formes comme des diagrammes, des tableaux ou des fiches. Ces stratégies opèrent davantage sur la structuration interne des connaissances à acquérir. On peut distinguer dans cette catégorie les stratégies de groupement catégoriel que les enfants commencent à mobiliser vers 7-8 ans (Bjorklund et al., 1992 ; Coyle & Bjorklund, 1996, 1997). On distingue deux types de groupement catégoriel et donc deux stratégies, selon que le groupement est opéré à l'encodage (*sorting*) ou au rappel (*clustering*) (Bjorklund et al., 1992). Si l'on s'intéresse aux tâches de résolution de problème, on peut citer les stratégies explicites d'auto-identification du but de la tâche, qui permettent de faciliter le travail de traduction d'indices en but à atteindre (Lucenet & Blaye, 2019).

Enfin, les stratégies d'élaboration permettent de créer des liens entre des nouvelles informations et celles déjà acquises. Il s'agit de « *construire des ponts entre le nouveau et l'ancien* » (Cosnefroy, 2011, p 76). Ces stratégies peuvent consister à comparer les points communs et différences entre deux éléments, reformuler des informations, indiquer des commentaires, ou associer de nouvelles informations à celles acquises en mémoire épisodique pour leur donner du sens et les mémoriser.

L'analyse de la littérature permet également de dégager les principales stratégies métacognitives (Boekaerts, 1996, 1997 ; Focant, 2003 ; Focant & Grégoire, 2008 ; Mohib, 2018 ; Pintrich 2000 ; Pintrich & De Groot 1990 ; Zimmerman & Martinez-Pons 1986). Ce type de

stratégies contribue au contrôle métacognitif qui permet la régulation de la cognition. Classiquement, on les retrouve aux trois principales phases du processus d'autorégulation. Ainsi, avant le début du travail, certaines stratégies vont faciliter la phase de planification en permettant de se fixer un but ou de prévoir et choisir les stratégies les plus appropriées. Il peut aussi s'agir d'estimer la durée nécessaire pour atteindre le but. Ces stratégies permettent également d'anticiper en se représentant par exemple le résultat final ou en identifiant les différentes étapes conduisant au but. Au cours de l'apprentissage, d'autres stratégies vont contribuer à la gestion et au contrôle de l'activité en permettant de faire le point sur son avancée ou sur l'écart avec le but visé. Ces stratégies aident aussi à justifier les choix opérés ou à revenir en arrière, à remanier la stratégie en cours. Enfin, après l'exécution de la tâche, d'autres stratégies métacognitives vont plus spécifiquement permettre d'évaluer le résultat obtenu et l'efficacité de la procédure pour ajuster et adapter sa conduite. Ceci sera important pour faciliter le maintien et/ou le transfert de ces stratégies à d'autres contextes ou situations.

En résumé, nous pouvons retenir que les stratégies d'apprentissage peuvent être cognitives, métacognitives ou volitionnelles, et que toutes sont liées de près aux processus d'autorégulation. Toutes les stratégies d'autorégulation constituent ainsi le répertoire stratégique d'un individu que certains facteurs peuvent impacter. De plus, comme le préconise Cosnefroy (2011), il ne faut pas confondre une stratégie et ses modalités de mise en œuvre. Il semble de ce point de vue intéressant de doter les apprenants de méthodes et outils pour apprendre, et donc d'enseigner ces stratégies (Famose & Margnes, 2016 ; Winne, 1996).

3.3. Facteurs d'influence

Certains facteurs comme l'intensité et la durée des entraînements, la présence de feedbacks ou le soutien à la métacognition semblent déterminants pour favoriser le recours à une stratégie (Luxembourger et al., 2014 ; Pennequin et al., 2011 ; Schubert et al., 2014 ; Wagener, 2018 ; Wischgoll, 2016). Cependant, posséder un répertoire de stratégies et y être entraîné n'est pas suffisant pour s'autoréguler. Encore faut-il que les apprenants puissent également opérer un choix personnel en fonction du contexte et des conditions internes ou externes. La régulation nécessite ainsi deux niveaux : le premier niveau est celui des stratégies d'apprentissages, qui sont contrôlées, à un second niveau, par des processus métacognitifs. Le premier niveau nourrit le second, car la décision de changer le déroulement de l'activité, décision qui est elle-même le fruit d'un processus métacognitif, ne devient effectif que si l'apprenant dispose d'un répertoire de stratégies autorisant plusieurs cheminements possibles pour atteindre le but visé (Cosnefroy, 2011). Ces stratégies doivent avoir fait l'objet d'un apprentissage et doivent aussi avoir été expérimentées dans diverses situations afin d'en apprécier les conditions de validité (Winne, 1996 ; Winne & Perry, 2000).

Certaines peuvent s'acquérir facilement sans expérience complexe d'apprentissage : il est par exemple plus facile de contrôler l'environnement (s'isoler pour ne pas entendre de bruit) que de contrôler sa motivation lorsque les difficultés surgissent (Corno, 2000). Il est concevable que la motivation de l'apprenant suffise à lui faire découvrir et appliquer des stratégies de protection contre la distraction. En revanche, des stratégies plus complexes comme la planification du travail nécessitent non seulement une transmission explicite, mais aussi une appropriation par l'expérience répétée et l'analyse des feedbacks issus de cette expérience. L'étude approfondie de ces stratégies peut ainsi contribuer à mieux comprendre le développement de l'autorégulation des apprentissages (Azevedo, 2009 ; Boekaerts & Corno, 2005 ; Clerc, 2013). Parmi les principaux auteurs de l'autorégulation des apprentissages, Winne s'intéresse plus particulièrement aux caractéristiques cognitives de l'autorégulation, et accorde une place importante à l'expérience, aux stratégies et à l'instruction.

4. Rôle de l'expérience : le modèle « COPES »

4.1. Contextualisation

Selon Winne, le processus clé de l'apprentissage autorégulé est le *monitoring*. Il s'agit d'opérer une surveillance pendant l'activité en cours, qui permet la prise de décision et le contrôle via l'utilisation de stratégies cognitives et métacognitives (Winne, 1995, 1996, 1997, 2017 ; Winne & Hadwin, 1998). Pour cet auteur, on ne peut pas ne pas s'autoréguler, car toute conduite d'apprentissage est une succession de prises de décision (Winne, 2005). Le choix n'est pas aléatoire mais rationalisé. A travers une anticipation des conséquences des choix possibles qui s'offrent à nous, nous pouvons déterminer si nous nous engageons ou non dans une activité. Winne donne ainsi un poids particulier aux opérations cognitives de *monitoring* et de *planification* qui contribuent à donner à l'apprenant des choix pour exercer un contrôle métacognitif et prendre des risques.

Tableau 1.

Les Opérations Cognitives SMART (Winne, 2017, p. 243), notre traduction

OPÉRATION	DESCRIPTION	EXEMPLES
RECHERCHER	Attirer l'attention sur les informations qui répondent aux normes.	Utiliser des outils de recherche. Parcourir un chapitre pour localiser un élément.
SURVEILLER (MONITORING)	Identifier si, ou dans quelle mesure, les informations correspondent aux standards.	Surligner des éléments d'un texte pour en faire un standard, un point important. Sélectionner une note réalisée précédemment pour revoir un point. Vérifier les étapes de résolution d'un problème.
ASSEMBLER	Regrouper des informations précédemment séparées en identifiant une relation.	Lier des éléments et étiqueter des liens dans une carte conceptuelle. Élaborer une chronologie des événements.
RÉPÉTER	Préserver ou réactiver des informations en mémoire de travail.	Répéter des définitions. Revoir des notes. S'exercer à taper sur un clavier
TRADUIRE	Transformer la représentation d'une information donnée.	Se représenter graphiquement une équation ou décrire avec des mots un diagramme Paraphraser une citation célèbre.

Dans une première version du modèle, cinq opérations cognitives de base sont identifiées sous l'acronyme SMART : *Searching, Monitoring, Assembling, Rehearsing* et *Translating* (Winne, 2001, 2010, 2017). Elles sont reprises dans le Tableau 1.

Après quelques ajustements d'une version initiale du modèle, Winne et Hadwin proposent en 1998 un modèle qui insiste davantage sur les aspects métacognitifs : il s'agit du modèle *COPEs*, pour *Conditions, Operations, Products, Evaluations* et *Standards*. Les *Conditions* font référence aux ressources disponibles et aux contraintes inhérentes à la tâche (condition interne : par exemple, les stratégies d'apprentissage à utiliser) ou à l'environnement (condition externe : par exemple, le temps imparti). Ces conditions influent sur les autres composants du modèle. Les *Opérations* renvoient aux processus cognitifs, en particulier les stratégies utilisées : il s'agit essentiellement des processus SMART, cités plus haut (par exemple, *SURVEILLER* en vérifiant les étapes de résolution d'un problème). Chaque opération génère des *Produits* (*Products*) qui peuvent être par exemple de nouvelles connaissances. Certains produits se rapportent à l'objectif de la tâche, par exemple ordonner par dates les grandes périodes de l'Histoire de France. D'autres sont le résultat de la métacognition, comme juger s'il vaut la peine de construire un moyen mnémotechnique par rapport à la mémorisation d'une information simple. Les produits sont évalués à l'aide de *Standards*, l'écart entre un produit et le standard attendu donnant lieu à une *Evaluation*. Les standards peuvent être générés par l'individu ou fournis par des sources externes (par exemple, rétroaction des enseignants ou des pairs dans une classe). Ces cinq composants interagissent pour produire le résultat visé à chacune des quatre étapes de l'autorégulation de l'apprentissage que comprend ce modèle.

4.2. Les quatre phases du modèle

Dans le modèle *COPEs*, l'autorégulation des apprentissages est envisagée à travers quatre phases liées, ouvertes, et récursives, qui composent une boucle de rétroaction (Winne, 2017 ; cf. Figure 1) :

- 1) **Perception et définition de la tâche.** L'apprenant identifie les *Conditions* qui peuvent avoir une incidence sur le déroulement de la tâche. Il recherche, dans l'environnement extérieur ainsi que dans sa mémoire, des éléments sur lesquels s'appuyer. Il s'agit d'éléments sur lesquels l'individu porte son attention, en particulier des souvenirs de tâches similaires. Durant cette phase, les *Standards* découlent ainsi du monitoring des *Conditions* de la tâche telle qu'elle se présente dans l'environnement (les ressources, les indices pédagogiques, le temps ou le contexte social) et des conditions cognitives dont dispose l'individu à cet instant. Pour Winne, les conditions cognitives sont les informations sur la tâche que l'individu retrouve en mémoire. Elles peuvent inclure des connaissances sur le domaine de la tâche (par exemple, l'orthographe ou rechercher sur Internet), des souvenirs personnels en relation

avec la tâche (par exemple, le ressenti face à la tâche, l'intérêt) et des souvenirs sur les stratégies appliquées lorsque la même tâche ou des tâches similaires ont été rencontrées.

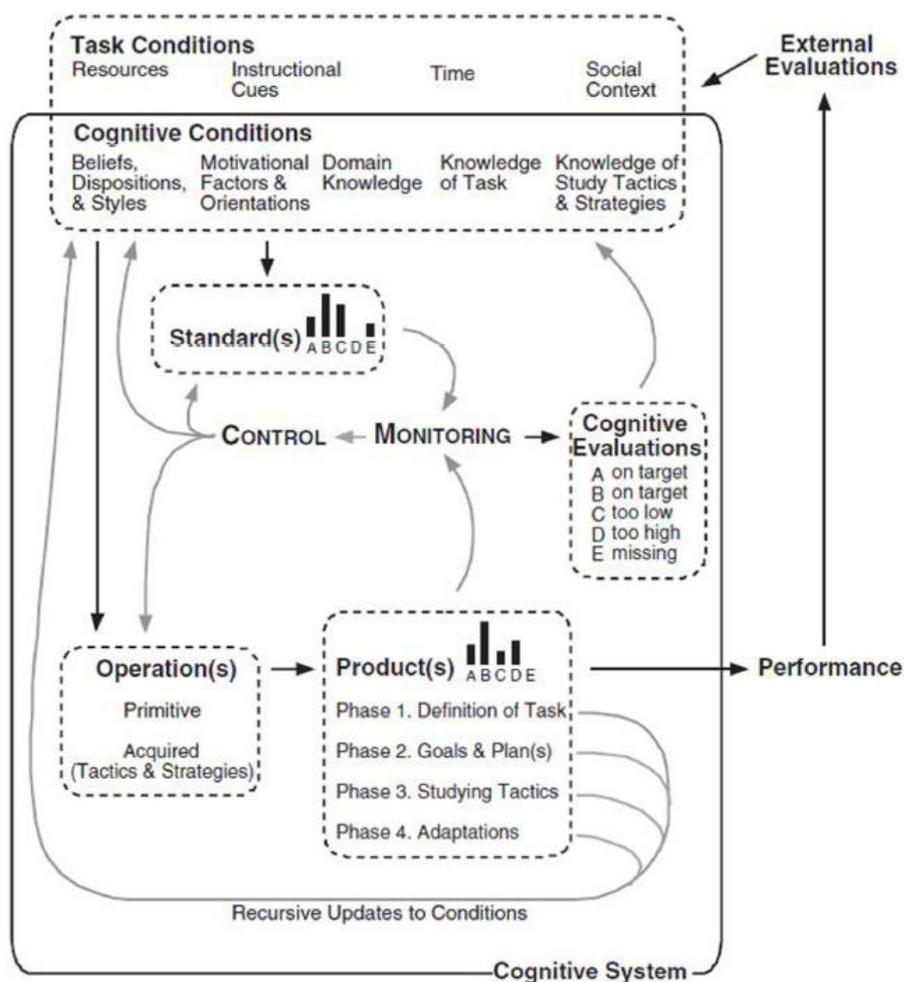


Figure 1. Modèle COPES de Winne et Hadwin (1998, Figure 12.1 p. 282) mis à jour en 2001

- 2) **Fixation de buts et planification.** L'apprenant détermine des buts pour réaliser la tâche, et des plans d'action pour les atteindre. Cette phase correspond à une prise de décision, enrichie par les informations récupérées en mémoire. Dans la figure 1, les buts sont représentés dans la catégorie « *Standard(s)* ». A chaque but de la première phase correspond une échelle d'évaluation de l'atteinte du but (A-B-...-E, sur la figure 1) auxquels les *Produits* et les processus cognitifs (*Operations*) peuvent être comparés, certains pouvant alors être redéfinis. Quand les buts sont activés, les plans et les stratégies qui leur sont associés peuvent être automatiquement récupérés en mémoire. Comme on peut le remarquer sur la figure, plusieurs boucles peuvent se succéder pour changer les *Conditions* de la tâche ou les conditions cognitives.

- 3) **Choix et mise en œuvre des stratégies** nécessaires pour atteindre les buts visés. C'est lors de cette phase que la poursuite effective du but commence, lorsque l'apprenant s'engage dans la tâche en exécutant des *Opérations* planifiées. Le plan et les stratégies qui s'y rattachent sont mis en œuvre (processus top-down de contrôle). Un plan correspond à un ensemble de souvenirs, composé à la fois de connaissances conditionnelles et d'opérations cognitives. Travailler sur une tâche génère intrinsèquement des feedbacks qui mettent à jour les *Conditions* de la tâche. Un feedback interne est généré lorsque l'apprenant surveille les *Productions* de ces plans et stratégies (processus bottom-up de monitoring). Ces feedbacks peuvent par exemple apparaître lorsqu'une requête de recherche est jugée improductive parce que les résultats n'étaient pas ceux attendus ou ne satisfont pas le besoin d'informations spécifiques. On remarque aussi que selon le contexte et le type de tâche, un feedback externe peut être fourni par l'environnement, par exemple lorsque le logiciel émet un bip ou quand un pair commente une contribution à une discussion. Ainsi, lorsque l'apprenant suit les mises à jour des conditions sur la chronologie d'une tâche, cela engendre des corrections et les buts peuvent être mis à jour.
- 4) **Adaptation métacognitive concernant l'exécution d'une tâche.** Cette adaptation se manifeste par l'apport de changements substantiels dans l'approche des tâches futures. Elle se produit à l'issue de la réalisation de la tâche, une fois les principaux processus terminés, mais elle n'est pas systématique. Elle peut apporter des changements à long terme, sur les croyances et les stratégies dont dispose l'apprenant pour faire face au même type de tâches. Les modifications peuvent aussi être immédiatement appliquées à la tâche. C'est le cas par exemple lorsqu'un apprenant suspend son travail de résolution d'un problème pour demander de l'aide à son enseignant ou pour revenir à l'étude de lectures conseillées dans le but de combler ses lacunes. On distingue deux formes principales de changements. D'un côté, on trouve les changements concernant les *Standards* utilisés pour le monitoring métacognitif dans un contexte particulier. De l'autre côté, on trouve les changements qui consistent en des réarrangements des liens entre les résultats du monitoring métacognitif et les mesures prises : en d'autres termes, les ajustements apportés aux stratégies d'apprentissage mobilisées (les *Opérations* dans le système SMART).

Ainsi, dans ce modèle, le contrôle a une place déterminante puisqu'il est mobilisé pour lancer les *Opérations*, modifier les *Standards* et changer les *Conditions*. Le *Produit* de chaque phase correspond à la définition même de la phase (par exemple, le produit de la phase de fixation du but est la fixation du but elle-même). Ce modèle d'autorégulation des apprentissages offre l'opportunité d'expliquer comment des changements effectués à une phase de l'apprentissage peuvent conduire à des changements dans d'autres phases, soulignant par là-même son caractère récursif et non pas linéaire. Chacune des quatre phases décrites donne lieu à la même architecture cognitive.

En effet, les cinq composants du modèle COPES –*Conditions, Operations, Produits, Evaluations, Standards*- interagissent pour produire le résultat désiré, et ce indépendamment pour chaque phase. L'apprenant peut relever les *Conditions* d'apprentissages, effectuer des *Opérations* via le recours aux stratégies à tout instant ce qui crée des *Productions*, qui peuvent ensuite être évaluées par rapport à des *Standards* fixés pour la tâche à n'importe quel moment. C'est plus particulièrement au cours des trois premières phases que l'apprenant autorégulé monitore les informations sur (a) la façon dont l'apprentissage a été mis en œuvre à l'aide d'*Opérations* cognitives, de tactiques et de stratégies d'apprentissage, et (b) les changements dans l'adéquation entre les *Conditions* internes et externes et les différents *Standards* à atteindre. Ainsi, après avoir repéré et intégré les *Conditions* externes d'une tâche, l'apprenant peut juger, lors de la quatrième phase d'adaptation métacognitive, qu'il n'a qu'une efficacité modérée pour la réaliser et peut alors prévoir d'avoir besoin d'aide. En cherchant ainsi dans ses connaissances métacognitives, et du fait de ce jugement métacognitif, il peut alors envisager de demander de l'aide à une personne plus expérimentée pour cette tâche. Cela devient un nouveau but qu'il va chercher à atteindre. Il conçoit alors un plan pour rechercher de l'aide. Il peut par exemple, anticiper et envoyer un message à une personne ressource pour savoir si elle sera disponible dans l'après-midi. Il peut aussi réagir sur le vif et envoyer un message ou appeler immédiatement cette personne, au moment où le besoin s'en fait sentir.

4.3. Spécificités du modèle

Le modèle de Winne et Hadwin repose sur une forte dimension métacognitive. Il permet d'envisager un apprenant comme un être résolument actif, qui pilote son propre apprentissage via le monitoring et l'utilisation de stratégies cognitives et métacognitives. Il offre ainsi un cadre écologique et opératoire très intéressant pour rendre compte de façon détaillée de la manière dont l'apprenant planifie, exécute et évalue une tâche (Winne, 2011).

On peut souligner le fait que, dans cette vision de l'autorégulation, le contrôle implique une observation de soi préalable. En effet, la qualité des jugements métacognitifs pendant l'activité (jugement du niveau de maîtrise atteint) et après l'activité (jugement de confiance en sa réponse) permettent l'évaluation de l'activité dans laquelle l'apprenant s'est engagé. C'est le contenu auquel les *Opérations* s'appliquent qui imprègne la tâche de caractéristiques comme la complexité, la valeur ou l'engagement. En conséquence, ce n'est pas le monitoring lui-même qui peut poser problème mais bien les *Standards* utilisés pour le monitoring et qui peuvent permettre de distinguer les apprenants dont l'autorégulation est efficace de ceux pour qui elle ne l'est pas (Winne, 1995). Certains ne seront pas à même de s'autoréguler efficacement s'ils se basent sur des *Standards* peu exigeants ou s'ils ont recours à des stratégies inappropriées pour la tâche à réaliser. C'est bien l'utilisation de critères et de standards pour fixer des buts, suivre et évaluer son apprentissage, qui est cruciale. Cosnefroy (2011) prend l'exemple d'un apprenant qui, persuadé qu'apprendre efficacement implique de mémoriser dès la première lecture les idées

importantes, pourrait éprouver de l'anxiété en constatant qu'il n'y parvient pas. De plus, l'identification des conditions de l'environnement apparaît aussi essentielle ici car c'est elle qui va déterminer les chances de succès dans l'atteinte d'un but. Les standards de l'apprenant concernant les types d'information et les types de traitement de l'information, ainsi que les capacités de l'apprenant à adopter les stratégies d'apprentissage et à les adapter, déterminent conjointement l'autorégulation de l'apprentissage.

Selon Winne (1995,1996), l'autorégulation serait aussi inconsciente, du moins en partie. En effet, en fonction du niveau d'expertise, il existe des automatismes, des croyances épistémiques et des croyances personnelles qui déclenchent le monitoring et le contrôle métacognitif sans que cela soit conscient. Une autre spécificité du modèle COPES tient ainsi à la place accordée à ces croyances épistémiques (Hofer & Pintrich, 2002). Celles-ci sont des croyances sur le savoir (*knowledge*) et sur le fait de savoir (*knowing*) et sont activées automatiquement dès l'engagement dans un apprentissage. Elles permettent de définir ce qu'est un apprentissage réussi et servent de standards qui vont déterminer les jugements et les réactions émotionnelles de l'apprenant (Winne, 1997). Qu'il soit expert ou novice, tout individu possède ces croyances qui touchent à la fois la nature du savoir et de l'apprentissage tout comme les méthodes ou stratégies qui devraient permettre de réussir la tâche. Avec ce modèle, Winne montre donc que l'autorégulation des apprentissages dépend des connaissances qui s'accumulent et qui, de ce fait, font évoluer en retour l'autorégulation de l'apprentissage au fil des expériences. Ce modèle accorde ainsi une place importante aux expériences et à l'entraînement stratégique comme aide pour développer l'autorégulation des apprentissages, valorisant ainsi le rôle de l'enseignant dans le contexte scolaire.

Une autre spécificité du modèle COPES est qu'il permet de rendre compte que ce processus est complexe et coûteux cognitivement : si l'autorégulation intervient trop tôt, dans une phase précoce de l'apprentissage, une partie des ressources mentales sera redirigée vers le *monitoring*, et la performance déclinera parce que la mise en œuvre de processus nouvellement appris nécessite elle-même des ressources élevées. Quoi qu'il en soit de son intérêt initial pour la situation d'apprentissage, l'apprenant est alors confronté à une double tâche excédant ses ressources. Les baisses de performances dans des tâches requérant l'application de stratégies cognitives encore peu maîtrisées pourraient s'expliquer de cette manière : nous y reviendrons lorsque nous aborderons les déficiences d'utilisation stratégique. Enfin, Winne et Perry (2000) proposent que l'autorégulation des apprentissages soit considérée comme une action située dans un « *event* » ayant un début et une fin, et non comme un trait de personnalité qui reste stable à travers les activités rencontrées. Ceci permet d'envisager le processus dans une approche plus dynamique et contribue à mieux comprendre le développement de l'autorégulation des apprentissages en s'intéressant notamment aux stratégies cognitives qui en forment le cœur. Ces particularités nous ont donc poussées à nous référer à ce modèle.

RESUME DU CHAPITRE 1

Ce premier chapitre nous a permis de définir ce qu'est l'autorégulation de l'apprentissage : les processus par lesquels un apprenant mobilise des stratégies et des connaissances en fonction du contexte, afin d'organiser et contrôler son apprentissage pour atteindre ses buts. Elle permet aussi de rendre compte des capacités de réflexion, d'adaptation et d'ajustement d'un apprenant qui fait face à des changements, reliant ainsi les caractéristiques personnelles et contextuelles en situation d'apprentissage.

On distingue plusieurs étapes et l'une d'elle est particulièrement décisive : se fixer un but et planifier la manière de l'atteindre par le recours aux stratégies adéquates. Néanmoins, pour pouvoir se fixer un but, il faut avant tout se le représenter et cela nécessite de s'appuyer sur les indices disponibles dans l'environnement (Chevalier et al., 2014). Des études récentes suggèrent qu'entraîner à utiliser des stratégies peut être une piste prometteuse pour favoriser l'auto-identification des indices et la fixation du but qui sont des composants-clés de l'autorégulation des apprentissages (Doebel et al., 2018 ; Lucenet & Blaye, 2019 ; Roebbers et al., 2019). Nous avons souligné l'importance des stratégies cognitives dans l'autorégulation. Elles agissent comme autant d'outils cognitifs au profit des tentatives des enfants pour résoudre de nouvelles tâches. Leur étude peut contribuer à mieux comprendre le développement de l'autorégulation (Boekaerts & Corno, 2005 ; Clerc, 2013). Cependant, posséder un répertoire de stratégies et y être entraîné n'est pas suffisant pour s'autoréguler. Encore faut-il que les apprenants puissent également opérer un choix personnel en fonction du contexte et des conditions, internes et externes.

Le modèle COPES de Winne (1997) permet justement d'identifier les facettes d'une tâche dans laquelle les apprenants exercent l'autorégulation des apprentissages. Ce modèle met également en évidence l'importance des expériences et des stratégies pour favoriser un apprentissage autorégulé. Ce modèle comporte quatre phases, au cours desquelles l'apprenant autorégulé monitore les informations sur la façon dont l'apprentissage a été mis en œuvre à l'aide de stratégies. Durant ces phases, l'apprenant peut aussi faire des changements dans l'ajustement des conditions et de son comportement, c'est-à-dire opérer un contrôle descendant sur ses actions.

CHAPITRE 2 : DEVELOPPEMENT DE L'AUTOREGULATION DES APPRENTISSAGES CHEZ LE JEUNE ENFANT

Nous avons vu dans le premier chapitre que l'autorégulation de l'apprentissage passe par trois phases (*planification, monitoring, restructuration*) et qu'elle implique de mobiliser des connaissances et des stratégies en fonction du contexte, afin d'organiser et contrôler son apprentissage pour atteindre son but. Nous avons plus particulièrement insisté sur les connaissances et stratégies nécessaires à la construction de la représentation et la fixation du but lors de la première phase. Nous avons également proposé quelques pistes d'intervention pour aider les apprenants dans cette étape clé du processus. En revanche, nous n'avons pas apporté de précisions concernant le développement plus général des capacités d'autorégulation de l'apprentissage chez l'enfant, qui est pourtant au cœur des préoccupations actuelles en psychologie du développement et en psychologie de l'éducation (Dörr & Perels, 2019 ; Jacob et al., 2019a et b ; Jeong & Frye, 2020 ; Marulis et al., 2020 ; Marulis & Nelson, 2020 ; Perry, 2019 ; Zachariou & Whitebread, 2019).

Dans ce chapitre, nous présenterons d'abord quelques particularités du développement de l'autorégulation des apprentissages durant la petite enfance et soulignerons l'importance de l'autre pour s'autoréguler (hétérorégulation). Nous montrerons ensuite que le contexte scolaire joue un rôle important dans ce développement, particulièrement à la maternelle. Dans une troisième partie, nous réfléchirons au choix des outils et à la méthodologie d'investigation pour étudier ce processus complexe chez les plus jeunes. Dans une dernière partie, nous nous intéresserons plus spécifiquement au développement des stratégies. En effet, l'autorégulation reposant sur le recours à diverses stratégies d'apprentissage pour atteindre le but visé, il paraissait utile d'aborder la manière dont se construit le répertoire stratégique d'un enfant. Pour cela, nous présenterons plus particulièrement le modèle de Siegler, ainsi que celui de Miller qui nous permettra de mettre en évidence un phénomène particulier dans l'acquisition d'une stratégie : la déficience d'utilisation. Nous pointerons les causes possibles de ce phénomène et nous envisagerons des pistes de remédiations.

1. Particularités du développement de l'autorégulation des apprentissages

Parmi les débats qui animent les chercheurs, la question de la conscience des processus à l'œuvre pendant l'autorégulation est posée (Focant, 2007). Deux points de vue s'affrontent à ce sujet. Certains chercheurs pensent que la conscientisation n'est pas obligatoire pour s'autoréguler, de très jeunes enfants pouvant déjà autoréguler leur comportement dans des tâches limitées même s'ils sont incapables d'exprimer et de conscientiser ces régulations. Ils peuvent par exemple avoir recours à des stratégies de correction d'erreur face à des jeux de manipulation de sériation dès 18 mois et jusque 3 ans et demi (DeLoache et al., 1985). Dès 2 ans, les enfants sont capables d'adapter leur discours ou leurs jeux, en adoptant des

comportements différents selon la personne qu'ils ont en face d'eux (Thommen, 2001 ; Thommen & Rimbart, 2005). D'autres auteurs considèrent au contraire que l'autorégulation nécessite la conscience de ses propres processus cognitifs (Cardelle-Elawar, 1995 ; Pallascio et al., 2001). D'autres enfin adoptent une position plus souple à la jonction de ces deux approches. Ainsi, le recours à des stratégies d'autorégulation pourrait être conscient et volontaire, mais également automatique et inconscient dans certaines situations (Winne, 1996, 2011, 2018 ; Zimmerman & Martinez-Pons, 1992). Dans cette première partie, nous allons d'abord rendre compte du développement de l'autorégulation durant la petite enfance, pour ensuite souligner l'importance de l'autre et du contexte pour soutenir ce développement.

1.1. La petite enfance (0-3 ans)

On peut envisager la fonction de régulation comme la capacité de modifier son comportement et d'en anticiper les effets en prenant appui sur l'expérience antérieure (Nader-Grosbois, 2007). Selon Kopp (1982, cité par Nader-Grosbois, 2007), au cours de la petite enfance (0-36 mois) l'autorégulation évolue d'une part en fonction du développement cognitif (intentionnalité et anticipation), de mécanismes cognitifs spécifiques (représentation, planification, correction d'erreur, référence aux standards, stratégies attentionnelles et mnésiques), du développement communicatif et langagier, ainsi que du développement de sa propre identité et de ses motivations. D'autre part, elle évolue en fonction de l'interprétation des demandes de l'adulte, de la motivation à l'adhésion à celles-ci, du délai de gratification, des expériences de réciprocité et de l'ajustement progressif de l'adulte qui diminue son contrôle externe (hétérorégulation) au fur et à mesure que l'enfant devient personnellement actif en référence aux normes sociales (Nader-Grosbois, 2007, p. 49). Ainsi, au cours de sa première année, à partir du contrôle externe que lui offrent les adultes, le bébé développe un contrôle interne de ses comportements en construisant un répertoire de stratégies, utilisables en fonction des caractéristiques de l'environnement (Diaz et al., 1990).

Dans une approche intégrative, Bronson (2000) explique le développement de l'autorégulation en considérant à la fois le développement cérébral, et le développement des capacités socio-affectives, émotionnelles, motivationnelles, cognitives et comportementales. Elle propose un modèle multidimensionnel qui intègre ces capacités ainsi que les attitudes de l'entourage et les caractéristiques de l'environnement plus ou moins facilitantes. Le modèle prévoit que pour s'autoréguler, le jeune enfant doit apprendre à prendre des décisions de façon de plus en plus autonome. L'autonomie dans les prises de décision est sous-tendue par son développement cérébral, cognitif et motivationnel, et elle est soutenue à la fois par les attitudes de l'adulte et par l'aménagement de l'environnement permettant d'explorer diverses alternatives (Nader-Grosbois, 2007, p. 55). Au plan cognitif, Bronson (2000) souligne que le jeune enfant apprend à focaliser son attention sur ses propres activités spécifiques, sur d'autres activités, ou encore sur des objets (atteindre, saisir, manipuler). Cela l'amène à dégager des régularités et à découvrir des

nouveautés dans son environnement social et physique, qui le poussent à comprendre les effets de ses propres actions et lui permettent d'initier des séquences comportementales avec autrui ou avec des objets. Progressivement, au cours de la deuxième année (Nader-Grosbois, 2007), l'enfant commence à anticiper et prévoir des séquences d'actions. Il développe un répertoire de stratégies pour atteindre un but, stratégies qui peuvent parfois prendre la forme de routines entre lesquelles il acquiert la possibilité de choisir pour atteindre le but fixé dans la tâche. Les compétences autorégulatrices seraient ainsi acquises très précocement. Des enfants de moins de 5 ans corrigent déjà leurs erreurs quand ils résolvent des problèmes (DeLoache et al., 1985). Cependant, ce type de régulation reste basé sur un comportement de type essais-erreurs, et les mécanismes plus planifiés et plus constants n'apparaissent que plus tardivement.

Pendant longtemps, on a estimé que les jeunes enfants n'étaient pas en mesure d'autoréguler leurs apprentissages de manière formelle (Vandeveldt et al., 2015 ; Zimmerman & Schunk, 2001), et que le développement d'importantes compétences d'autorégulation, telles que les compétences métacognitives, n'étaient effectives qu'à partir de 8 ou 10 ans (Veenman et al., 2006). Les explications à cette incapacité relevaient de l'égoïsme cognitif caractéristique des jeunes enfants (Piaget & Inhelder, 1980) ou de leur utilisation limitée du langage (Paris & Newman, 1990 ; Zimmerman & Schunk, 2001). Ainsi, l'intervention d'une autre personne a longtemps été considérée comme nécessaire pour développer les compétences d'autorégulation chez le jeune enfant. On a donc souvent envisagé la régulation à travers l'hétérorégulation, en accordant une place prépondérante à l'adulte.

1.2. L'hétérorégulation ou l'importance des autres pour s'autoréguler

On entend par hétérorégulation, les initiatives d'adultes (étayage, médiation sociale, tutorat) à l'égard de l'enfant, pour favoriser son exploration en situation ludique ou pour soutenir son apprentissage en situation interactive (Nader-Grosbois, 2007). L'étude du développement des capacités d'autorégulation chez le jeune enfant a souvent été testée à travers des situations duelles d'interaction parent-enfant ou adulte-enfant (Perry, 2019 ; Robson, 2016) ou pendant la réalisation d'activités collaboratives (Grau & Whitebread, 2012). De manière générale, les recherches menées auprès des jeunes élèves montrent qu'ils ont besoin qu'on leur montre comment contrôler leurs comportements et leurs efforts. Ils ont également besoin d'être guidés pour comprendre l'intérêt d'utiliser une stratégie (obtenir les résultats visés) ou la manière dont ces informations peuvent être utiles pour prendre des décisions appropriées. On sait désormais que le jeune enfant de maternelle peut aussi observer et commencer à corriger des erreurs dans ses activités (Nader-Grosbois, 2007), tout dépend du contexte et du matériel dont il dispose.

L'enfant va progressivement intérioriser les aides apportées par l'adulte, qu'il pourra ensuite verbaliser lui-même sous forme d'auto-instruction pour chercher une solution ou s'encourager (Bronson, 2000 ; Diaz et al., 1990). Ainsi, comme le dit Nader-Grosbois (2007), « *le langage permet à l'enfant de prendre de la distance par rapport au concret et d'agir de façon*

réfléchi selon un plan » (p. 17). La maturation progressive du langage et des représentations mentales aide le jeune enfant à anticiper ses actions (Brownell & Kopp, 2010). Le langage est ainsi un outil régulateur puissant, qui va permettre de communiquer mais aussi de réguler son comportement en planifiant et en contrôlant ses opérations mentales et ses actions (Bronson, 2000 ; Diaz et al., 1990).

Pour rendre compte des capacités plus limitées des jeunes enfants, Zimmerman (2000) considère plutôt un manque d'initiative chez les enfants les plus jeunes, qui se contenteraient de suivre les instructions de l'enseignant et de répondre à ses attentes. Pour cet auteur, les feedbacks fournis par l'enseignant et la prise de décision sont liés : ils dépendent de la conscience de l'apprentissage et de l'âge. Les enfants les plus âgés peuvent par exemple produire correctement une stratégie mais ne pas l'utiliser efficacement (défiance d'utilisation), mais cela ne s'observe pas chez les plus jeunes. En effet, le contrôle de l'apprentissage est une activité métacognitive complexe qui implique l'attention dirigée et des processus de raisonnement sophistiqués.

Les capacités de monitoring se développent assez tôt, mais ce qui pose des difficultés aux enfants est de pouvoir exploiter ces capacités de monitoring pour en tirer des actions de contrôle comportemental (Roebbers, 2017). Quatre étapes peuvent être distinguées pour atteindre un apprentissage autorégulé selon Zimmerman (1990, 2000, 2013). Son modèle accorde une grande importance au rôle de l'apprentissage vicariant, et envisage ce développement à travers une progression de l'autocontrôle du comportement et du caractère adapté des actions produites (Zimmerman & Kitsantas, 1997) :

- 1) *Observation* : induction indirecte d'une habileté à partir d'un modèle compétent (parent, enseignant, pair). Ce modèle va décrire ses actions et pensées pour résoudre la tâche, dont celles liées aux obstacles et difficultés rencontrés. Cette explicitation permet à l'apprenant d'identifier les déterminants d'une tâche (Zimmerman & Kitsantas, 2002). Cette étape est franchie dès lors que l'apprenant peut différencier les différents niveaux de qualité dans une performance.
- 2) *Emulation* : imitation du modèle qui est là pour soutenir l'apprenant dans sa progression. L'apprenant est capable de reproduire l'habileté ou comportement du modèle dans une tâche équivalente en l'expérimentant et en l'appliquant concrètement. L'apprenant saisit les caractéristiques essentielles d'une habileté qu'il intègre dans son répertoire comportemental. A force d'entraînement, il finit par maîtriser les éléments de base, ce qui lui permet ensuite de pouvoir appliquer cette habileté à d'autres contextes. Il s'agit d'une étape de modelage individualisé où les feedbacks de l'adulte vont aider l'enfant à progresser.
- 3) *Autocontrôle* : démonstration de l'habileté dans un contexte structuré et de manière indépendante. L'apprenant est alors capable, seul et en l'absence du modèle, de réguler sa performance en fonction des normes qu'il a intégrées pour optimiser son apprentissage. L'apprenant mobilise ses connaissances pour guider sa conduite, se

donne des directives pour réaliser la tâche, et se focalise sur l'habileté elle-même plus que sur le résultat. Les stratégies pertinentes sont systématiquement mobilisées par l'apprenant en l'absence physique du modèle. L'apprenant ne s'appuie donc plus directement sur le modèle pour apprendre, mais en reste dépendant puisqu'il s'est basé sur lui pour construire ses représentations personnelles des normes de performance.

- 4) *Autorégulation* : usage adaptatif d'une habileté dans des contextes personnels et environnementaux changeants. L'apprenant parvient à adapter l'habileté à un environnement dynamique et évolutif, en distinguant les caractéristiques essentielles du contexte, en contrôlant l'exécution de l'habileté et en évaluant les résultats. Le recours à l'habileté a été entre-temps automatisé, libérant des ressources pour se concentrer non plus sur l'habileté elle-même mais sur le résultat qu'elle produit. Cette dernière phase permet à l'apprenant de varier l'utilisation des stratégies, et de procéder à des ajustements en fonction des résultats et des contingences de l'environnement et celles plus personnelles.

Ainsi, il s'agit pour l'apprenant de passer d'un niveau où il se concentre d'abord sur les processus donnés par un modèle, à un niveau où il se concentrera davantage sur le résultat et ce avec de moins en moins de recours au modèle (Zimmerman & Kitsantas, 2002). En effet, au fil de cette séquence, le besoin de soutien social apporté par le modèle se réduit à mesure que l'apprenant acquiert des compétences d'autorégulation, bien que l'influence du modèle ne disparaisse jamais totalement.

Le développement de l'autorégulation dépend aussi de la façon dont l'enfant intériorise les buts de l'apprentissage (Boekaerts, 2002, 2007 ; Boekaerts et al., 2006). Le développement de cette intériorisation nécessite, selon Carver et Scheier (2000a, 2000b, 2002), de comprendre pourquoi un but ou une valeur est importante. Il faut aussi avoir l'opportunité d'y réfléchir, ainsi que de pouvoir établir des liens entre les buts et les valeurs proposés par l'enseignant et ceux de l'apprenant. L'élément clé est donc de permettre à l'apprenant d'établir des liens entre les buts et valeurs des autres, et les siennes. Pour que buts et valeurs d'autrui soient intériorisés, leur atteinte doit permettre la congruence avec les buts et valeurs déjà existants chez l'enfant.

2. L'autorégulation des apprentissages en contexte scolaire

2.1. Particularités liées au contexte scolaire

Les travaux réalisés en contexte de classe ont permis de distinguer trois niveaux de régulation cognitive (Grau & Whitebread, 2012) : le niveau « soi » (*self-regulation*), qui représente les situations dans lesquelles l'individu surveille et contrôle ses performances lui-même ; le niveau « autrui » (*other regulation*), quand un membre du groupe maîtrise l'élément-clé de la tâche mais pas les autres membres et c'est donc ce partenaire plus expert qui leur explique ; la régulation partagée (*shared regulation*) où l'on retrouve un monitoring égalitaire, complémentaire et une régulation sur la tâche. Hadwin et Oshige (2011) distinguent quant à eux une régulation

socialement partagée (*socially shared regulation*). Il s'agit d'une régulation collective au sein de laquelle les processus régulatoires et les productions sont partagés. Les processus par lesquels les individus régulent leur activité se construisent ici collectivement. Dans cette perspective, les buts et les standards sont co-construits. On assiste ainsi à un intérêt croissant pour l'aspect social et le versant collaboratif de l'autorégulation des apprentissages ces dernières années (Fagnant & Van Nieuwenhoven, 2019 ; Grau & Whitebread, 2012 ; Hadwin & Oshige, 2011 ; Hanin & Van Nieuwenhoven, 2018, 2019 ; Mottiez-Lopez, 2016).

De manière plus large, Pino-Pasternak et al. (2014) ont recherché, à travers une revue de la littérature, les principales caractéristiques pour soutenir l'autorégulation en classe. Ils ont répertorié trois catégories principales : *le type d'activités, les pratiques pédagogiques, l'éthique et l'organisation de la classe*. Concernant le *type d'activité*, il apparaît que les tâches collaboratives et complexes sont les plus appropriées pour favoriser l'autorégulation. On peut penser aux problèmes ouverts qui n'ont pas de réponse immédiate, ou aux tâches qui impliquent plusieurs buts et s'étalent sur de longues périodes. De même, les activités qui sont liées aux expériences et aux intérêts des enfants, et qui ont des applications claires dans leur environnement d'apprentissage, favorisent l'autorégulation, tout comme les tâches qui offrent aux enfants des occasions de jouer. Concernant *les pratiques pédagogiques* qui favorisent l'autorégulation, on retrouve l'instruction explicite des stratégies cognitives et métacognitives, comme par exemple définir les buts ou sélectionner des stratégies. Encourager les élèves à partager leurs idées par le biais de questionnements du type « *qu'en pensez-vous ? Pourquoi pensez-vous cela ?* » favorise également l'autorégulation des élèves. On peut également citer les formes d'évaluation qui encouragent la métacognition et se concentrent sur les progrès personnels, comme l'auto-évaluation ou l'évaluation de groupe. Concernant *l'éthique et l'organisation de la classe*, il est important de soutenir les intérêts des élèves lors de la planification des activités en classe et de l'organisation de l'environnement de la classe. Cela passe par exemple par un accompagnement sur le degré de difficulté des activités à réaliser, ou par l'encouragement à adopter des comportements de recherche d'aide. Cela implique donc de communiquer clairement les attentes concernant l'apprentissage et le comportement des élèves.

Robson (2016) souligne quant à elle l'importance du contexte et plus particulièrement du rôle de l'adulte pour soutenir le développement de l'autorégulation. Ainsi, elle a montré que à la fois la présence et l'absence des adultes étaient toutes deux favorables à l'autorégulation chez des enfants d'âge préscolaire. Son étude a montré que les enfants âgés de 4 à 5 ans sont davantage susceptibles de montrer des signes d'autorégulation et de métacognition lorsque les adultes sont absents. La présence de l'adulte peut ainsi être perturbatrice et conduire les jeunes enfants à céder une part de responsabilité, les désengageant de cette activité coûteuse. Dans le même temps, les adultes ont aussi joué un rôle crucial en soutenant les connaissances procédurales des enfants lorsqu'ils étaient présents. Certaines études ont testé les effets d'une

formation à l'autorégulation pour des enseignants de maternelle, en ce qui concerne leur propre autorégulation et les méthodes pour favoriser l'autorégulation chez leurs élèves âgés de 4 à 6 ans. Les résultats montrent un effet bénéfique de cette formation et indiquent qu'il est possible d'améliorer l'apprentissage autorégulé des enfants d'âge préscolaire par un programme de formation pour les enseignants de maternelle (Perels et al., 2009).

2.2. L'autorégulation des apprentissages à la maternelle

Nous avons déjà souligné dans l'introduction de cette thèse que le contexte scolaire implique quasi en permanence des changements de règles ou d'environnement que l'enfant doit appréhender pour pouvoir évoluer positivement dans ce nouveau milieu. Les jeunes enfants doivent vite apprendre à internaliser les règles et à les suivre, être capables d'écouter une consigne et y répondre. Ainsi, la période de l'école maternelle apparaît comme une période déterminante, durant laquelle les enfants possèdent une capacité de traitement de l'information croissante (Bronson, 2000) qui leur permet de mieux comprendre et effectuer les tâches. Cette période suscite un vif intérêt car on lui reconnaît supporter de nombreux changements tant sur le plan du langage que de la pensée ou du raisonnement (Garon et al., 2008 ; Jeong & Frye, 2020 ; Monette et al., 2015 ; Zelazo & Müller). Tous ces changements semblent bénéfiques puisque cela leur permet une meilleure régulation de leurs comportements dirigés vers un but (Best et al., 2009 ; Chevalier et al., 2014 ; Wiebe et al., 2011 ; Zachariou & Whitebread, 2019).

Cette période semble aussi déterminante pour favoriser le passage général d'une régulation axée sur les émotions, plus instinctive et réactive, à une régulation plus cognitive, plus réfléchie et proactive, où des processus d'apprentissage complexes comme l'autorégulation de l'apprentissage peuvent être construits (Blackwell & Munakata, 2014 ; Gonthier et al., 2019 ; Zelazo, 2015). Progressivement, les enfants sont en mesure d'analyser les activités à venir, de se fixer des buts et de planifier des stratégies. Pourtant, la plupart des recherches sur l'autorégulation cible soit de très jeunes enfants (jusqu'à 4 ans) soit des enfants plus âgés (9 ans et plus) pendant les tâches scolaires, la période de la maternelle (2 à 6 ans) étant ainsi moins investie par les recherches. Pourtant, comme le rappellent Dörr et Perels (2019), certains auteurs postulent que l'autorégulation des apprentissages existe chez des enfants de maternelle même si c'est de manière rudimentaire.

Ainsi, Whitebread et al. (2009) ont montré que des enfants âgés de 3 à 5 ans sont capables de formes élémentaires de planification, de suivi et de réflexion, lorsque la tâche est adaptée à leur intérêt et à leur niveau de compréhension et que le matériel choisi pour rendre compte de ces capacités est bien choisi. Perry et VandeKamp (2000) ont eux aussi montré que le jeune enfant peut s'engager dans l'autorégulation des apprentissages en classe, quand la situation ou le contexte lui en offre l'opportunité, en particulier quand les enseignants impliquent leurs élèves dans les activités en leur laissant des choix, en leur permettant de contrôler les niveaux de

difficultés, ou en évaluant eux-mêmes leurs productions. Dès la maternelle et jusqu'à la fin de l'école primaire, lors de tâches complexes de lecture ou d'écriture, les enfants adoptent des comportements d'autorégulation, comme la planification ou le monitoring (Perry et al., 2002).

Récemment, Jacob et al. (2019b) ont mené une étude pilote afin déterminer si le bénéfice d'une intervention sur l'autorégulation des apprentissages pouvait varier selon différents profils d'enfants âgés de 5 à 7 ans. Elles ont sélectionné différents précurseurs de l'autorégulation à savoir la capacité d'autorégulation générale, les capacités langagières et le fonctionnement exécutif. Les résultats de cette étude ont permis de révéler quatre profils différents en fonction des précurseurs confirmant ainsi l'existence de différences interindividuelles de ces capacités (Jacob et al., 2019a). Le profil le plus représenté dans leur échantillon (56%) correspond au cas où les deux performances, autorégulation et langage, sont bonnes ; celui le moins représenté (13%) où ces deux types de performances, autorégulation et langage, sont faibles. Elles ont ainsi pu montrer qu'une capacité d'autorégulation générale et des compétences langagières élevées entraînent une forte augmentation de l'autorégulation de l'apprentissage chez ces jeunes enfants. Cette étude prouve également qu'il est possible d'évaluer l'autorégulation chez des élèves de maternelle de manière directe et quantitative grâce à un outil ludique et contextualisé.

Peu de recherches longitudinales ont testé l'existence de différentes trajectoires de développement de l'autorégulation chez des enfants. Certains chercheurs s'y sont donc intéressés, en considérant que l'autorégulation nécessite la coordination et le traitement de compétences multiples dans plusieurs domaines qui permettent de rendre compte des capacités d'autorégulation (Blair & Raver, 2012 ; McClelland et al., 2015, 2018 ; Vohs & Baumeister, 2011). Par exemple, Montroy et al. (2016) se sont plus particulièrement intéressés au développement de l'autorégulation comportementale chez des enfants de 3 et 7 ans. Pour cela, ils ont utilisé une épreuve de fonctionnement exécutif : le Head-Toes-Knees-Shoulders ('HTKS', Ponitz et al., 2008, 2009). Leurs résultats montrent que durant la période de la maternelle, la majorité des enfants développe une autorégulation rapidement et de manière exponentielle et que les enfants suivent trois patterns de développement distincts. Ces patterns dépendent du moment où l'intégration des diverses compétences nécessaires pour s'autoréguler commence à se manifester, du genre de l'enfant, des compétences linguistiques précoces, et des niveaux d'éducation maternelle. Ces résultats mettent en évidence les premières différences de développement dans la manière dont l'autorégulation se développe pendant la petite enfance.

Bien que peu nombreuses, les preuves s'accumulent quant à la grande variabilité interindividuelle des capacités d'autorégulation des apprentissages chez les enfants de maternelle (Jacob et al., 2019a). Le développement de l'autorégulation dépendrait de certains précurseurs qui expliquent les différents profils d'enfants. Parmi ces précurseurs, on peut relever la capacité d'autorégulation générale (Montroy et al., 2016 ; Raver et al., 2011 ; Zelazo, 2015), qui rend compte de l'évolution du type de contrôle exercé par l'enfant : celui-ci passe d'un contrôle

externe réactif à un contrôle interne proactif du comportement et des pensées (Blackwell & Munakata, 2014 ; Doebel et al., 2017 ; Thaqi & Roebbers, 2020). Les compétences langagières dont nous avons déjà souligné l'importance pour l'acquisition de l'autorégulation des apprentissages sont également déterminantes (Jacob et al., 2019a et b). Elles contribuent à réguler les processus cognitifs et d'apprentissage en favorisant la compréhension des consignes, leur interprétation et leur appropriation (Zimmerman, 2003, 2013). Enfin, parmi les précurseurs les plus importants pour s'autoréguler on peut citer les fonctions exécutives (Diamond, 2016 ; Perry et al., 2018, Whitebread & Basilio, 2012 ; Zelazo, 2015) et la métacognition (Dörr & Perrels, 2019 ; Marulis et al., 2020 ; Perry, 2019 ; Roebbers, 2017). En effet, l'autorégulation des apprentissages nécessite des capacités d'adaptation et d'ajustement face à des changements, permises par les fonctions exécutives. Elle implique aussi des capacités de réflexion et de contrôle de soi qui sont permises par la métacognition. Nous développerons plus longuement ces articulations dans les deux prochains chapitres.

Ainsi, les données sur le développement des capacités d'autorégulation progressent ces dernières années, même si la période de la maternelle est moins investie. Le peu d'études sur la population des enfants de 2-6 ans peut également s'expliquer par un manque d'outils pour rendre compte précisément de ces compétences, pointant alors les manques et les questions méthodologiques que cela pose.

3. La question de la mesure

3.1. Outils d'investigation de l'autorégulation des apprentissages

Comme le souligne Boekaerts (1997), l'autorégulation est importante dans les apprentissages, mais difficile à observer car cela implique de nombreux aspects difficilement observables. C'est pourquoi la question de la méthodologie est cruciale, sans oublier le rôle que peut également jouer le contexte (Boekaerts et al., 2000 ; Winne & Perry, 2000). On peut distinguer des types de mesures très variés selon l'approche choisie et selon le contexte : en classe, à domicile, en apprentissage sur ordinateur, face à une tâche bien précise. Winne et Perry (2000) ont proposé une classification des principales méthodes et instruments existants pour mesurer les processus impliqués dans l'autorégulation des apprentissages. Ils distinguent deux versants qui consistent à considérer l'autorégulation soit comme une *aptitude* soit comme une *activité*.

Pour les partisans du versant *aptitude*, les instruments de prédilection sont ceux qui permettent de décrire les qualités et attributs relativement stables de l'élève, prédisant ainsi les comportements ultérieurs d'autorégulation des apprentissages. On retrouve ici les questionnaires et échelles auto ou hétéro-rapportés, qui présentent l'avantage d'obtenir des données sur des comportements non observables et d'être rapides et faciles à administrer (Boekaerts & Corno, 2005 ; Whitebread et al., 2009 ; Zimmerman, 2008b, 2013). De plus, ces outils peuvent souvent

être proposés en collectif, ce qui n'est pas négligeable en termes de gain de temps pour le recueil de données.

Pour les adeptes du versant *activité*, les instruments et protocoles privilégiés permettent de recueillir des mesures plus complexes et plus complètes, qui rendent davantage compte des informations sur les états et les processus lors de la mise en œuvre du processus d'autorégulation de l'apprentissage. On retrouvera ici les mesures d'observation directes basées sur des grilles ou des outils d'observation précis. Cette approche a contribué à l'émergence de nouvelles méthodes d'investigation, comme le recours à des protocoles de pensée à voix haute (*Think Aloud Protocol*, Vandeveld et al., 2015), qui permettent de suivre en direct les pensées et stratégies de l'apprenant pendant qu'il réalise la tâche. Comme le souligne Focant (2007), ces protocoles peuvent être plus ou moins structurés en fonction des questions ou remarques réorientant le discours de l'apprenant. L'inconvénient principal de cette approche est qu'elle a un impact sur le déroulement de la tâche qui peut constituer un biais. En effet, la verbalisation peut concerner une information qui n'est pas consciente en situation naturelle (Ericsson & Simon, 1980 ; voir aussi Brown aussi Brown et al., 1983, cités par Focant, 2007). De plus, ces protocoles ne sont pas les plus adaptés non plus pour les enfants les plus jeunes pour qui les compétences langagières sont en plein développement.

3.2. Quelques précautions pour étudier l'autorégulation chez les plus jeunes

Les principaux obstacles avancés concernant l'étude de l'autorégulation des apprentissages chez le jeune enfant touchent au domaine du langage. En effet, les faibles capacités langagières des enfants les plus jeunes poussent souvent les chercheurs à se référer aux observations des parents ou des enseignants notamment par le biais de questionnaires. Les indices utilisés sont ainsi de nature indirecte ce qui peut conduire à perdre une partie de l'information (Boekaerts & Corno, 2005).

D'autres choisissent d'observer eux-mêmes les comportements pour évaluer les stratégies d'autorégulation ou encore d'interroger directement ces jeunes enfants. Pourtant, on note aussi parfois un biais d'optimisme chez le jeune enfant, qui l'amène à se surévaluer s'il n'est pas bien accompagné, ceci pouvant être renforcé par des difficultés de langage et de mémoire (Boekaerts & Corno, 2005). Cela témoigne de la possible confusion entre *désirs* et *intentions* pour interpréter les comportements réels. De plus, les jeunes enfants n'ont parfois pas conscience des stratégies utilisées, et ils peuvent ne pas les signaler même lorsqu'ils les ont réellement utilisées (De la Fuente Arias & Diaz, 2010). Il faut donc être prudent avec les protocoles de pensées à voix haute, car devoir rendre compte de ses propres sentiments et actions pendant les tâches implique un coût cognitif supplémentaire, qui peut potentiellement interférer avec l'exécution des tâches.

De la même manière, si l'on a recours à des entretiens avec de jeunes enfants, les réponses spontanées qu'ils apportent sont généralement vagues et non pertinentes ; il ne faut donc pas hésiter à les accompagner dans l'élaboration de leurs réponses ou leur proposer un support

adapté (De la Fuente Arias & Diaz, 2010). Les jeunes enfants ont tendance à décrire uniquement des aspects concrets récemment vécus et ont du mal à établir leur comportement habituel en situation.

Ainsi, une limite à certaines études menées sur l'autorégulation auprès de jeunes enfants est souvent d'ordre méthodologique, le recours à des outils et des procédures multiples et plus écologiques étant nécessaire (Diamond, 2016 ; Follmer & Sperling, 2016 ; Marulis et al., 2016, 2020 ; Moreno et al., 2017 ; Roebbers, 2017 ; Zachariou & Whitebread, 2019).

Il est difficile d'élaborer des tâches adaptées aux capacités des enfants jeunes, qui puissent leur permettre une réflexion consciente et garantir une gamme de performances assez étendue (Sperling et al., 2000). En réponse à la nécessité de recourir à des outils et des procédures multiples et plus écologiques, la dernière décennie a vu apparaître de nombreux protocoles originaux utilisant des jouets tels que des poupées (Yanaoka & Saito, 2017), des blocs de construction (Schmitt et al., 2018 ; Trawick-Smith et al., 2017), des figurines et des éléments géométriques en bois (Clerc et al., 2017), des rails de train (Bryce & Whitebread, 2012 ; Bryce et al., 2015) ou des jeux de société (Barrow et al., 2015). Les puzzles semblent également très intéressants avec les enfants les plus jeunes (Aral et al., 2012 ; Doherty et al., 2020 ; Smiley & Deweck ; 1994 ; Sperling et al., 2000). L'utilisation de données vidéo, et la possibilité pour les jeunes enfants de réfléchir à leurs activités, sont suggérées comme des outils précieux à des fins de recherche et de pédagogie, et comme un moyen efficace pour étudier l'autorégulation des apprentissages chez les jeunes enfants (Robson, 2016). D'autres mesures de régulation, telles que les données d'observation, l'utilisation de protocoles de réflexion à voix haute ou des entretiens adaptés à l'âge pourraient fournir des informations supplémentaires. Ainsi, les recommandations actuelles encouragent le recours à des indicateurs multiples et variés (Robson, 2016 ; Winne, 2018). Comme nous l'exposerons dans notre contribution expérimentale, nous nous sommes montrés particulièrement attentifs à l'utilisation de méthodes de mesures multiples et valides de l'autorégulation des apprentissages.

Nous avons jusqu'à présent expliqué comment se développe l'autorégulation des apprentissages, notamment chez les enfants les plus jeunes et grâce à l'influence et l'aide d'un tiers et des outils appropriés. Nous allons maintenant nous intéresser à un deuxième aspect très important pour l'autorégulation : comment l'apprenant mobilise-t-il des stratégies cognitives au cours de son développement ? De manière générale, les études se sont moins portées sur les stratégies cognitives d'autorégulation que peuvent initier de jeunes enfants spontanément face à une tâche : c'est sur ce versant que nous avons porté nos efforts dans cette thèse. Dans la dernière partie de ce chapitre, nous allons donc apporter un éclairage sur le développement de ces stratégies cognitives.

4. Développement des stratégies cognitives

Comme le souligne Clerc (2013), de nombreux auteurs insistent sur l'importance de l'autorégulation dans la production correcte et efficace des stratégies cognitives (Azevedo, 2009 ; Boekaerts & Corno, 2005 ; Winne, 1996). Cela se retrouve également dans les différents modèles d'autorégulation des apprentissages de référence, qui distinguent une étape spécifique d'évaluation de l'efficacité de la stratégie produite. Le maintien d'une stratégie efficace est d'ailleurs souvent envisagé comme un indicateur de bonnes capacités d'autorégulation : au contraire, le recours à une stratégie inefficace serait le témoin de faibles capacités d'autorégulation. La présence de bonnes capacités d'autorégulation prémunirait donc l'enfant contre le maintien de stratégies inefficaces. Si l'on considère qu'une stratégie n'est adaptative que si elle est efficace, la question de l'efficacité des stratégies employées est alors centrale dans le développement cognitif (Siegler, 2007). Mais comme le suggère Clerc (2013), cela est plus complexe qu'il n'y paraît.

4.1. Emergence des stratégies : le modèle de Siegler

L'émergence des stratégies cognitives fait partie intégrante du développement cognitif d'un enfant et ce, dès le plus jeune âge (Siegler, 2007). Afin de répondre aux critiques concernant les théories développementales de l'époque, Siegler (1990) a montré que les enfants utilisent généralement plusieurs stratégies sur des périodes prolongées. Il a proposé un modèle du développement stratégique par vagues successives qui se chevauchent (Figure 2).

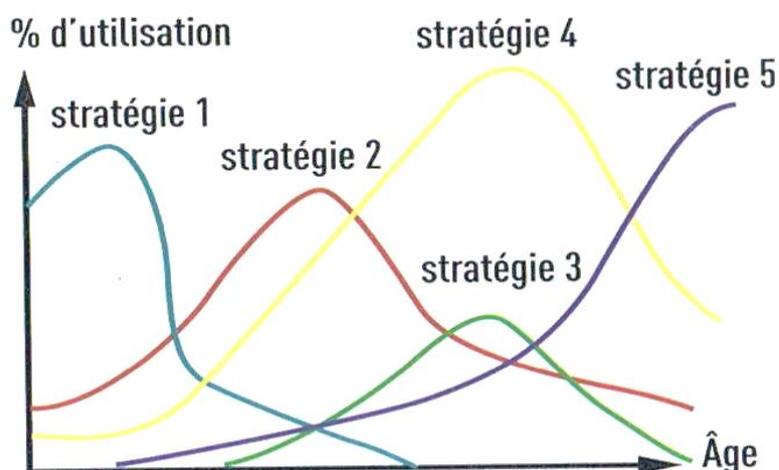


Figure 2. Modèle de développement de choix de stratégie adaptative de Siegler (1996) repris et adapté

Typiquement, les enfants disposent de plus d'une stratégie disponible à un moment donné pour effectuer une même tâche. Le développement consiste en un renforcement sélectif de certaines stratégies. Avec l'âge et l'expérience, un changement s'observe aussi bien au niveau de la fréquence d'utilisation d'une stratégie donnée, qu'au niveau de l'apparition de nouvelles

stratégies et de l'arrêt dans l'utilisation de celles devenues inutiles. Certaines stratégies vont être fréquemment utilisées à un moment donné puis finir par ne plus être utilisées du tout car elles deviennent obsolètes (par exemple la Stratégie 1 sur la Figure 2). D'autres vont devenir plus fréquentes (Stratégie 5) et certaines vont être mobilisées à un moment donné et moins ensuite (Stratégie 2), voire pour certaines très peu utilisées (Stratégie 3). En plus de ces changements dans la fréquence d'utilisation des stratégies existantes, de nouvelles stratégies sont découvertes (Stratégie 3 et 5) et quelques stratégies plus anciennes finissent par être abandonnées (Stratégie 1). Ainsi, plusieurs stratégies vont être disponibles et utilisées sur une même période. L'utilisation de stratégies multiples a par la suite été très étudiée, notamment concernant la mémorisation volontaire (Coyle & Bjorklund, 1997 ; Schlagmüller & Schneider, 2002 ; Schneider et al., 2004) ou l'attention sélective (Miller & Aloise-Young, 1995).

La pensée de l'enfant est fondamentalement variable quels que soient l'âge, le domaine et le niveau de compétences (Siegler, 2000 ; 2007). Cette variabilité se retrouve entre les individus (variabilité interindividuelle) mais aussi chez un même individu (variabilité intraindividuelle). En grandissant, les enfants découvrent de nouvelles stratégies plus élaborées, choisissent plus efficacement dans leur répertoire la stratégie la plus efficace dans la situation (Mimeau, 2015), et sélectionnent les stratégies de manière plus flexible en tenant compte des caractéristiques de la tâche et de la situation. Pour Siegler (2007), il est primordial de prendre en considération cet aspect dans les études sur le développement cognitif.

Le modèle des vagues a été appliqué à différents domaines comme la mémorisation (Coyle & Bjorklund, 1997), le raisonnement (Siegler & Svetina, 2002), l'arithmétique (Siegler & Jenkins, 1989), le développement du langage (Mimeau, 2015 ; Rittle-Johnson & Siegler, 1999). Le développement de l'enfant n'est plus envisagé de façon linéaire et cumulative selon les progrès, mais plutôt comme une augmentation ou une diminution graduelle de la fréquence d'utilisation de stratégies cognitives particulières (Siegler, 2000). Ce modèle permet également d'accorder une place importante à l'autorégulation des apprentissages. En effet, la coexistence de plusieurs stratégies en compétition conduit nécessairement l'enfant à faire un choix pour déterminer la plus appropriée dans le contexte donné. Autrement dit à faire preuve d'autorégulation. Si l'on s'intéresse au développement de l'acquisition d'une stratégie, un autre modèle fait référence : il s'agit du modèle de Miller (1990), applicable à toute acquisition de nouvelle stratégie.

4.2. Le modèle de développement stratégique de Miller et les Déficiences d'Utilisation

Avant de pouvoir maîtriser pleinement une stratégie et que celle-ci soit réellement efficace, Miller (1990) distingue quatre étapes dans son modèle général d'acquisition stratégique :

- 1) Echec pour produire la stratégie, la stratégie est donc absente (*Déficiences de Production*).
- 2) Production partielle et/ou aléatoire de la stratégie.

- 3) Production de la stratégie mais sans pouvoir en tirer de bénéfice (*Déficience d'utilisation*).
- 4) Production systématique de la stratégie à présent pleinement maîtrisée et efficace

Parmi ces quatre étapes, l'une peut interroger davantage et sembler contre-intuitive : la déficience d'utilisation (DU) stratégique. Elle se manifeste par des performances à une tâche moins bonnes que celles espérées, en dépit d'une production correcte de la stratégie. Par exemple, un enfant produit correctement une stratégie d'autorépétition (bon score stratégique) mais son score de rappel est moins bon que celui d'un autre enfant obtenant le même score stratégique (Schneider et al., 2004). Miller (1990) explique ce phénomène par le coût cognitif que représente le fait de produire correctement la stratégie adéquate. En effet, cette production consomme beaucoup de ressources et par conséquent il n'y en a plus suffisamment pour les processus liés à la tâche elle-même, et en particulier les processus d'encodage des éléments à mémoriser. Néanmoins, ce coût diminuerait au fur et à mesure que la stratégie s'automatise (Chanquoy et al., 2007 ; Miller et al., 1991 ; Bjorklund & Causey, 2017 ; Woody-Dorning & Miller, 2001). Ainsi, la DU disparaît progressivement au fur et à mesure que la stratégie est automatisée, les ressources libérées permettant une utilisation de la stratégie plus efficace.

Les DU seraient ainsi un passage obligé dans l'acquisition stratégique (Miller & Seier, 1994), et ce, quels que soient le type de tâches et l'âge. En effet, ce phénomène a été observé avec diverses stratégies. La majorité des études qui ont montré des cas de DU portent sur des stratégies mnésiques, telles que l'encodage sélectif (Miller et al., 1991), l'autorépétition (Schlagmüller & Schneider, 2002 ; Schneider et al., 2009), ou le groupement catégoriel des items à l'encodage (*sorting*) ou au rappel (*clustering*) (Bjorklund et al., 1992 ; Stone et al., 2016). Ainsi, ces stratégies sont correctement employées mais n'apportent pas ou peu de bénéfice à l'enfant lors de son rappel. Cependant, ce phénomène a aussi été retrouvé avec des stratégies impliquées dans la compréhension de texte (Gaultney, 1995, 1998, cité par Clerc, 2013), la résolution de problèmes par transfert analogique (Tunteler & Resing, 2007) ou les stratégies d'appariement dans le cas de jugement comparatif (Clerc et al., 2017 ; Miller & Aloise-Young, 1995). La recherche sur les DU a ainsi enrichi la théorisation du développement des stratégies, en identifiant une phase au cours de laquelle une stratégie est utilisée correctement mais de manière peu efficace, du fait qu'elle est encore très exigeante en ressources cognitives par manque d'automatisation.

4.3. Facteurs d'influences du phénomène de DU au regard de l'autorégulation

Certains facteurs impliqués dans les déficiences d'utilisation ont été identifiés par les chercheurs du domaine, comme la quantité de ressources nécessaires à l'activité stratégique, les connaissances de bases ou la métacognition (Bjorklund & Causey, 2017 ; Clerc, 2013). L'apparition d'une DU serait aussi influencée par l'âge, la nature du matériel utilisé et les encouragements, soulignant par-là l'importance des facteurs contextuels dans la survenue d'une

DU (Schwenck et al., 2007 ; Bjorklund et al., 1997). En effet, ce phénomène a été observé non seulement lorsque les enfants produisent d'eux-mêmes spontanément une stratégie, mais également lorsque les enfants sont incités à y avoir recours par le biais d'un entraînement explicite (Bjorklund et al., 1997). De plus, si les matériaux de la tâche sont intégrés dans un contexte familier, cela réduirait aussi la charge cognitive et par conséquent la DU (Miller et al., 1994). Nous allons nous intéresser ici plus particulièrement aux liens entre l'autorégulation et les ressources, ainsi qu'avec les fonctions exécutives et la métacognition, et terminer par l'influence possible des tâches de transfert pour expliquer l'origine des DU.

4.3.1. Ressources et surcharge cognitive

Concernant la quantité de ressources, comme nous l'avons évoqué, les DU s'expliqueraient par une surcharge cognitive engendrée par l'activité stratégique elle-même : les performances anormalement basses qui accompagnent la production correcte de la stratégie sont le contrecoup d'une telle surcharge. L'autorégulation des apprentissages et la théorie de la charge cognitive ont d'ailleurs déjà été rapprochées pour comprendre la gestion et le contrôle de l'apprentissage (De Bruin & Van Merriënboer, 2017 ; Seufert, 2018). Ceci a été plus particulièrement montré dans des études concernant les stratégies mnésiques (Roebbers, 2014). Ainsi, il apparaît que la production de la stratégie empêcherait l'enfant de consacrer suffisamment de ressources aux processus d'encodage des informations (tâches de rappel) ou aux processus de résolution (tâches de résolution de problèmes) provoquant par là-même la survenue d'une DU. Ainsi, la production de la stratégie mais aussi les processus autorégulateurs associés, très consommateurs de ressources, seraient à l'origine de ce coût cognitif élevé (Bjorklund et al., 1992 ; Clerc, 2013 ; Seufert, 2018).

Pour rappel, l'autorégulation implique aussi d'être capable de choisir, dans son répertoire stratégique, la stratégie la plus appropriée et de la mettre en œuvre pour atteindre le but visé (Boekaerts & Corno, 2005 ; Winne, 2017). Des cas de DU ont été observés chez des enfants autorégulés, même si on peut s'attendre à ce que l'autorégulation puisse permettre à un enfant de dépasser ce phénomène en remplaçant une stratégie inefficace par une autre plus pertinente (Bjorklund et al., 1997). Ainsi, on a ensuite cherché à comprendre le rôle que peuvent jouer d'autres capacités cognitives pour expliquer ces différences individuelles dans l'apparition des DU.

4.3.2. Fonctions exécutives

Les fonctions exécutives (FE) sont des fonctions de haut niveau nécessaires pour s'adapter à des situations non habituelles ou faire face à un changement dans l'environnement. Elles constituent ainsi l'ensemble des processus mentaux mis en œuvre pour gérer et contrôler ses comportements, ses pensées ou ses émotions afin d'atteindre un but et faire face à une situation pour laquelle les stratégies habituelles et connues ne sont pas suffisantes. Des liens

entre les FE et l'efficacité stratégique ont été trouvés chez les enfants d'âge scolaire à la fois dans des études concernant la mémorisation et d'autres en lien avec les compétences scolaires. Deux études menées par Stone (Stone & Blumberg, 2013 ; Stone et al., 2016) ont montré l'implication des différences individuelles de FE dans la survenue de DU face à une tâche de mémorisation spatiale chez des enfants de 3 à 5 ans. Ainsi, il apparaît que les trois FE fondamentales, l'inhibition, la flexibilité attentionnelle (*attention shifting*) et la Mémoire de Travail (MDT) peuvent affecter le recours à une stratégie et son bénéfique potentiel. Les résultats de ces études montrent que bien que les enfants aient des FE suffisantes pour mettre en œuvre spontanément une stratégie dans une tâche de mémorisation, elles ne le sont pas suffisamment pour permettre d'utiliser la stratégie efficacement afin d'améliorer le rappel.

Geurten et al. (2016) ont également pu montrer que les FE sont impliquées dans l'amélioration des connaissances stratégiques et dans le développement du répertoire stratégique pendant l'enfance. Leurs résultats ont plus spécifiquement souligné la place que tenait la MDT dans l'amélioration des connaissances en métamémoire chez des enfants âgés de 4 à 11 ans. Ainsi, il apparaît que dès la maternelle, le but d'une tâche de mémorisation est mieux gardé à l'esprit par les enfants ayant de plus grandes capacités de MDT. De plus, ces enfants peuvent mettre en œuvre plusieurs stratégies simultanément sans impact négatif sur le rappel (Schneider et al., 2004 ; Woody-Dorning & Miller, 2001). Autrement dit, les enfants ayant de plus faibles capacités de MDT présentaient davantage de DU. Les travaux menés par l'équipe de Schneider (Schneider et al., 2004, 2009) ont aussi permis de mettre en évidence un lien fort entre DU et faiblesse de la MDT dans des tâches nécessitant le recours à des stratégies de groupement catégoriel et d'autorépétition.

Concernant les compétences scolaires, Barrouillet et al. (2008) ont montré le rôle de la MDT dans la capacité à choisir et à tirer profit d'une stratégie en résolution de problème arithmétique chez des enfants âgés de 9 ans. Selon ces auteurs, des capacités de MDT plus élevées permettraient d'exécuter les stratégies algorithmiques avec plus d'efficacité et de récupérer les associations problème-réponse pertinentes plus souvent et plus vite. Dans le domaine de l'arithmétique toujours, Hodzik et Lemaire (2011) se sont intéressés au répertoire stratégique et à la sélection de stratégies mais chez l'adulte. Ils ont ainsi mené deux expériences afin de déterminer si l'inhibition et la flexibilité (*shifting*) pouvaient expliquer les différences liées à l'âge dans ces compétences stratégiques. En ciblant deux catégories d'âge (jeunes adultes 19-38 ans et adultes plus âgés 61-79 ans), ils ont montré que les personnes plus âgées utilisent moins de stratégies et choisissent moins souvent la meilleure stratégie que les jeunes adultes pour résoudre leurs opérations. Selon eux, ces résultats peuvent être pleinement expliqués par une diminution de l'efficacité des capacités de flexibilité et d'inhibition. Dans de nombreuses situations expérimentales, le participant doit choisir parmi plusieurs stratégies ou utiliser plusieurs stratégies de façon coordonnée pour effectuer la tâche, ce qui relève pleinement des processus d'autorégulation (et engendre un coût cognitif certain). L'usage de stratégies multiples, en

particulier chez les plus jeunes, serait ainsi favorable à l'apparition de DU. Cela peut s'expliquer, en référence au modèle d'autorégulation de Winne (2018) par le coût engendré par la nécessité d'opérer des choix parmi plusieurs scénarios stratégiques possibles. Un tel choix implique d'inhiber les stratégies les moins pertinentes, l'inhibition cognitive étant consommatrice d'un montant élevé de ressources (Brydges et al., 2013 ; Diamond & Wright, 2014).

D'autres travaux ciblant plus particulièrement les compétences scolaires ont confirmé le rôle des FE et plus particulièrement de l'inhibition dans l'utilisation efficace d'une stratégie. Ainsi l'équipe menée par Houdé a pu confirmer le coût cognitif de l'inhibition engendré par le recours à une stratégie algorithmique en résolution de problème avec un paradigme d'amorçage négatif chez des enfants âgés de 11 à 14 ans et chez de jeunes adultes (Houdé & Borst, 2014 ; Lubin et al., 2013). L'importance de cette FE a été confirmée dans les compétences scolaires fondamentales. Ainsi l'inhibition est impliquée dans le domaine mathématique et en orthographe à l'école élémentaire (Lubin et al., 2012) mais également dès la maternelle pour exécuter une consigne (Rossi et al., 2012). Cette équipe a d'ailleurs créé une méthodologie innovante (*l'attrape piège*) pour apprendre à inhiber une stratégie non pertinente au profit de la stratégie pertinente et ainsi favoriser la correction d'erreur. Ainsi, il apparaît que le cadre théorique des FE pourrait être utilisé pour expliquer et préciser davantage le phénomène des DU dans une perspective différentielle (Clerc, 2013 ; Clerc et al., 2014 ; Stone et al., 2016). Cependant, d'autres capacités pourraient être impliquées, comme la métacognition.

4.3.3. Métacognition

La métacognition correspond à la connaissance et l'évaluation que l'on a de son propre fonctionnement cognitif, ainsi qu'au contrôle que l'on exerce sur celui-ci. Nous avons vu dans le précédent chapitre, en présentant le modèle d'autorégulation de Winne, que la métacognition a tout à fait sa place dans ce processus complexe et qu'elle est liée à l'utilisation de stratégies. En effet, comme le dit Winne (2011) : « *au cours des phases de l'autorégulation des apprentissages, les apprenants ont la possibilité de surveiller de manière métacognitive les propriétés des informations, les connaissances déclaratives et procédurales, ainsi que leur expérience cognitive* » (p. 21, *notre traduction*). Ainsi, en comparant ses connaissances et l'application qu'il en fait lors de l'exécution d'une tâche et en ayant recours à des stratégies, un apprenant peut ajuster son comportement en modifiant ce qu'il peut faire ensuite, ce qui relève du contrôle métacognitif. Aussi un troisième facteur évoqué dans l'apparition des DU est la métacognition.

Pour Miller et Seier (1994), l'origine des DU pourrait se trouver dans l'incapacité d'accéder à, d'initier ou d'exécuter une stratégie, du fait de connaissances limitées, d'un manque de capacités verbales, voire d'un problème dans l'intégration des liens entre les stratégies. Il semble également que les capacités de méta-mémoire modèrent l'efficacité des stratégies produites, c'est-à-dire, la réflexion et les connaissances sur la nature de la mémoire, de la tâche, de la personne et de la stratégie ainsi que des facteurs situationnels qui l'affectent (DeMarie et al., 2004). Ceci serait

d'autant plus vrai chez le jeune enfant, qui possède des connaissances et des habiletés métacognitives moins développées (Efklides, 2014 ; Flavell, 1999 ; Roebers 2014). Ce dernier aurait davantage tendance à produire une stratégie qu'il pense efficace, même si ce n'est pas le cas ou que ladite stratégie n'est pas appropriée à la situation (Miller & Seier, 1994).

Cependant, ce lien entre faiblesse métacognitive et apparition de DU ne serait pas réservé aux plus jeunes enfants. En effet, Schlagmüller et Schneider (2002) ont pu montrer que des enfants de 8 à 12 ans avec de bonnes connaissances métacognitives sur les stratégies organisationnelles les utilisaient davantage et avaient de meilleures performances de rappel que ceux avec de plus faibles connaissances métacognitives. Ainsi, faiblesse métacognitive et DU seraient liées. Plus récemment, un autre facteur a été identifié comme pouvant jouer un rôle dans la survenue d'une DU : la situation de transfert cognitif.

4.3.4. Transfert de stratégies

On parle de transfert lorsqu'une connaissance acquise dans une première tâche (dite tâche principale) est réutilisée dans une seconde tâche différente bien que quelque peu similaire (tâche de transfert). Lorsqu'un enfant est confronté à une nouvelle tâche qui admet le recours à plusieurs stratégies, il doit apprendre à choisir la plus appropriée et à l'adapter à la tâche, de manière à ce que la stratégie soit la plus efficace possible. Ceci revient à faire preuve d'autorégulation, ce qui est coûteux cognitivement (Seufert, 2018). Aussi, dans la continuité des travaux sur le développement stratégique, Clerc et Miller (2013) ont mis à jour une forme particulière de DU spécifiquement liée aux situations de transfert stratégique : la déficience d'utilisation due au transfert (*transfer-Utilization Deficiency, t-UD*). A notre connaissance, ce phénomène n'a été mis en évidence que dans quatre études visant les jeunes enfants.

Tout d'abord chez des enfants de 4 et 5 ans dans des tâches d'encodage sélectif (Clerc & Miller, 2013). Ainsi, dans la tâche de transfert, les enfants ont bien produit la stratégie (au moins autant que dans la tâche principale) mais ont obtenu des performances de rappel moins élevées que dans la tâche principale. Ensuite, des t-UD ont été observées dans une tâche de jugements comparatifs mobilisant une stratégie d'appariement chez des enfants de 4 ans, mais elles n'ont pas été retrouvées à 4 ans et demi ni à 5 ans (Clerc et al., 2017). Plus récemment, Clerc et al. (2021) ont confirmé l'existence des t-UD dans deux expériences menées chez des enfants de 5 à 7 ans, dans deux tâches de mémorisation différentes et avec trois stratégies mnésiques (une stratégie d'autorépétition et deux stratégies d'organisation). Ces résultats semblent attester que le phénomène de t-UD a une portée assez large puisqu'il concerne plusieurs types de stratégies cognitives et différentes tranches d'âges.

Par ailleurs, nous avons souligné l'influence possible des FE dans le phénomène des DU. Elles pourraient donc avoir un rôle aussi dans l'apparition de cette sous-catégorie de DU que sont

les t-UD. De plus, les FE sont particulièrement impliquées dans des situations nouvelles, or, une tâche de transfert est justement une situation nouvelle, ce qui rend les FE susceptibles d'être impliquées dans le transfert. L'effort engendré par les actions cognitives nécessaires pour réaliser une tâche de transfert pourrait être augmenté par de faibles FE qui consommeraient davantage de ressources cognitives disponibles. L'étude de Clerc et al. (2021) a montré l'influence de la flexibilité cognitive dans l'apparition des t-UD.

Une dernière piste peut être explorée pour expliquer l'existence de la surcharge cognitive à l'origine de la t-UD : la métacognition. Tout comme pour les FE, la métacognition est l'un des facteurs pouvant expliquer l'apparition d'une DU. Par ailleurs, l'implication de l'activité métacognitive est attestée dans les situations de transfert cognitif chez l'enfant (Martin et al., 2001 ; Schuster et al., 2020) et chez les étudiants et personnels universitaires (Scharff et al., 2017). Comme le suggèrent Clerc et al. (2017), pour comprendre l'apparition d'une t-UD, il faut peut-être rechercher le coût cognitif occasionné par les connaissances métacognitives. En effet, face à une tâche de transfert, un enfant va se poser des questions qui entrent ainsi en concurrence. On peut penser plus particulièrement à des questions métacognitives liées à la tâche et d'autres liées davantage à la situation de transfert elle-même. La part des ressources allouées aux différentes questions se voit ainsi diminuée et restreinte, ce qui occasionne de moins bonnes performances dans la tâche de transfert par rapport à la tâche principale, alors même que la performance stratégique se maintient dans les deux tâches. Ainsi, l'activité métacognitive engendrée par la situation de transfert serait responsable de l'apparition d'une t-UD de par la surcharge cognitive qu'elle occasionne.

Avec le transfert, les ressources cognitives doivent être redirigées de la fonction cognitive liée à la tâche (par exemple la mémorisation pour une tâche de rappel) vers les processus de décision de transférer la stratégie dans le nouveau contexte, mobilisant par là-même des processus de contrôle et de prise de décision qui contribuent aussi à l'autorégulation de l'apprentissage. Plusieurs études ont évalué le transfert de stratégies cognitives chez les enfants en s'intéressant à la fois aux composants du « *quoi transférer* » et du « *comment transférer* » (Cook et al., 2013 ; Schleepen & Jonkman, 2014 ; Schwenck et al., 2009). Cependant, on peut déplorer un manque d'études qui s'intéressent spécifiquement aux processus impliqués dans le transfert de stratégies cognitives. Cette vision du développement d'une stratégie amène à bien distinguer la qualité intrinsèque d'une stratégie produite, du bénéfice qu'elle est censée entraîner sur les performances (Clerc, 2013). Cela souligne encore le fait que la stratégie seule ne fait pas tout. Encore faut-il savoir et pouvoir l'utiliser à bon escient. Approfondir l'étude de ce phénomène apparaît donc nécessaire pour approfondir notre compréhension théorique du développement des stratégies cognitives nécessaires à l'autorégulation des apprentissages. Nous nous sommes spécialement intéressés à ce phénomène dans une perspective différentielle dans nos études STRAFIX et TREFLE, qui ont aussi permis de tester l'impact d'un entraînement stratégique.

4.4. L'entraînement stratégique pour soutenir l'autorégulation

Comme le soulignent Pelgrims et Cèbe (2013), le processus par lequel l'enfant cherche à comprendre ce qu'il sait réussir est l'un des aspects fondamentaux du développement cognitif. Il dépend de la nature du fonctionnement et des stratégies que l'élève met en œuvre. Ainsi, fournir ces stratégies aux apprenants semble approprié pour les mener vers la réussite. Des travaux, assez anciens, concernant l'entraînement stratégique menés auprès d'étudiants montraient des résultats souvent mitigés voire parfois allant à l'encontre des attentes (Romainville, 1993). Entraîner l'apprenant à utiliser une stratégie donnée peut l'amener à réaliser un traitement de surface, en se focalisant davantage sur la procédure elle-même plutôt que sur les buts et le contenu. Cependant, les travaux plus récents suggèrent le contraire : bénéficier d'un entraînement stratégique explicite peut être efficace (Patrick et al., 2015 ; Schubert et al., 2014 ; Wagener, 2018).

En effet, l'entraînement à la stratégie permettrait de favoriser son automatisation, libérant ainsi suffisamment de ressources pour la fonction cognitive principale liée à la tâche. Par exemple, Wischgoll (2016) a montré l'efficacité d'un entraînement stratégique portant sur les compétences rédactionnelles auprès d'étudiants. Les participants ont reçu une intervention de modélisation d'une stratégie cognitive de base portant sur la connaissance de la structure d'un texte. Trois conditions ont été testées : certains ont reçu une intervention de modélisation supplémentaire avec soit un entraînement à une stratégie cognitive concernant la synthèse de texte (condition 1), soit un entraînement à une stratégie métacognitive sur l'autosurveillance du processus d'écriture (condition 2), et d'autres n'ont reçu aucun autre traitement concernant les stratégies (condition contrôle). Les résultats montrent que ceux qui ont suivi un entraînement stratégique en tirent des bénéfices, et plus particulièrement ceux qui ont suivi l'entraînement à la stratégie d'auto-surveillance. Ils ont davantage progressé en termes d'acquisition de compétences en rédaction et concernant la qualité de leurs textes. Ainsi, les résultats soulignent l'importance des stratégies d'autocontrôle dans la rédaction d'écrits à l'université.

Dans leur méta-analyse, Dignath et al. (2008) ont montré que l'enseignement comprenant une combinaison de stratégies métacognitives et motivationnelles produit les effets les plus élevés concernant l'amélioration de l'apprentissage autorégulé chez des enfants d'école primaire. Ils ont également pu déterminer l'influence de certains facteurs qui modèrent ces résultats. Le contexte dans lequel se fait l'entraînement, tout comme sa durée, la personne qui le propose (enseignant ou chercheur), ou encore le niveau scolaire des élèves peuvent influencer les bénéfices de l'entraînement. De plus, le rôle de l'enseignement dans l'acquisition de stratégies mnésiques a été souligné par plusieurs chercheurs (Coffman et al., 2008 ; Schneider & Ornstein, 2019). Ainsi, fournir des connaissances sur l'utilisation d'une stratégie et ses avantages semble pertinent et efficace, en particulier concernant les stratégies d'élaboration et de résolution de problème tout comme pour les stratégies métacognitives telle que la planification. Ceci serait d'autant plus

valable pour les jeunes enfants qui profitent davantage de l'entraînement à l'utilisation d'une stratégie que les élèves plus âgés.

Ainsi, si l'enseignement et la pratique des stratégies d'apprentissage offrent aussi l'opportunité d'apprendre où et quand elles fonctionnent, et quels sont leurs avantages et leurs limites, il est plus probable que les enfants continuent à les utiliser et à les transférer à de nouvelles tâches (O'Sullivan & Pressley, 1984 ; Pressley et al., 1985 ; cités par Pressley & Harris, 2009). Les recherches sur l'enseignement stratégique ont depuis longtemps montré l'importance d'un travail métacognitif pour gagner en efficacité. L'enseignement de stratégies métacognitives d'auto-instruction et de guidage serait ainsi une piste prometteuse pour aider un enfant à mieux identifier le but de la tâche et se l'approprier, et par là-même soutenir le développement de l'autorégulation. Comme le rapportent Roebers et al. (2019), l'utilisation des repères (*cue utilization*) est un facteur envisagé et discuté actuellement pour expliquer le développement et l'amélioration des compétences métacognitives au cours des années d'école primaire. Ainsi, les recommandations actuelles en classe encouragent le recours à de nouvelles méthodes pédagogiques, qui permettent d'aider les apprenants à identifier ces indices dans les critères de la tâche, afin de favoriser une meilleure régulation des activités d'apprentissages et des ressources mentales allouées (De Bruin & Van Merriënboer, 2017). Des dispositifs d'enseignement spécifique ont d'ailleurs déjà été créés et testés en résolution de problèmes mathématiques chez des pré-adolescents (Hanin & Van Nieuwenhoven, 2018, 2019) ou dès la maternelle en littéracie (par exemple la méthode *Narramus* dont le but est d'apprendre aux élèves à raconter, cf. Roux-Baron et al., 2017). Des modalités de travail spécifique ont aussi été créées ou testées à l'université pour accompagner les étudiants (Baillet et al., 2016 ; Clerc & Brasselet, 2017 ; Poncin et al., 2017 ; Poumay et al., 2019 ; Wagener, 2018).

Conclusion

Très tôt, l'enfant développe des capacités lui permettant d'autoréguler ses apprentissages, même si c'est de manière rudimentaire et avec le soutien d'un tiers (hétérorégulation). Un changement qualitatif s'opère avec l'entrée à l'école maternelle. Progressivement, l'enfant prend le contrôle de son comportement et de son apprentissage (Blackwell & Munakata, 2014) sous l'influence d'autres compétences, notamment exécutives et métacognitives, qui se développent également à cette période (Bjorklund & Causey, 2017). Pourtant, bien que certaines études montrent que s'ils ont l'opportunité de le faire, les jeunes enfants s'engagent dans l'autorégulation des apprentissages en classe (Perry & VandeKamp, 2000), les élèves de maternelle sont moins souvent concernés par les recherches et on a tendance à sous-estimer leurs capacités (De La Fuente Arias & Díaz, 2010). Cela peut également s'expliquer par un manque d'outils pour rendre compte précisément de ces compétences, pointant alors les manques et les questions méthodologiques que cela pose.

La place du contexte de classe prend également de l'ampleur dans les questions de recherche, notamment sous l'impulsion des travaux de Boekaerts et Corno (2005), ou plus récemment ceux de Blair et Raver (2015). On assiste ainsi à un intérêt croissant pour l'aspect social et le versant collaboratif de l'autorégulation des apprentissages (Grau & Whitebread, 2012 ; Hadwin & Oshige, 2011 ; Mottiez-Lopez, 2016). Ainsi, on comprend l'importance de la place de l'enseignant pour développer les compétences d'autorégulation des enfants, en particulier à la période de l'école maternelle.

Nous avons aussi souligné l'importance des stratégies pour développer les capacités d'autorégulation. De manière générale, les études se sont moins portées sur les stratégies cognitives d'autorégulation que peuvent initier de jeunes enfants spontanément face à une tâche : c'est sur ce versant que nous avons porté nos efforts dans cette thèse. Cependant, les stratégies seules ne font pas tout, ce versant très cognitif n'est pas suffisant. En effet, nous avons indiqué au début de ce chapitre que l'autorégulation nécessite aussi des capacités pour émettre un jugement sur ses performances et faire preuve d'autocontrôle. Ces capacités pourraient dépendre d'autres grandes fonctions cognitives : les Fonctions Exécutives et la Métacognition. Celles-ci font l'objet du prochain chapitre.

RESUME DU CHAPITRE 2

Ce deuxième chapitre nous a permis de rendre compte des particularités du développement de l'autorégulation des apprentissages. Nous avons rappelé que dans un premier temps, ce dernier s'envisage surtout à travers l'hétérorégulation et l'importance des autres pour apprendre à s'autoréguler. Nous avons souligné les caractéristiques spécifiques durant la période de la maternelle. Le développement de l'autorégulation dépendrait de certains précurseurs qui expliquent les différents profils d'enfants, comme le type de contrôle exercé par l'enfant ou le langage. D'autres capacités pourraient avoir un rôle prépondérant dans ce développement : les fonctions exécutives et la métacognition. En effet, l'autorégulation des apprentissages nécessite des capacités d'adaptation et d'ajustement face à des changements, permises par les fonctions exécutives. Elle implique aussi des capacités de réflexion et de contrôle de soi qui sont permises par la métacognition. Ainsi, il ressort de cette présentation que les enfants, même jeunes, sont capables d'autoréguler leur apprentissage si on leur en offre l'opportunité et un contexte qui y est propice. Nous avons aussi abordé la question des outils et de la méthodologie à envisager avec ce jeune public, en faisant part de quelques précautions nécessaires et en illustrant notre propos avec des protocoles originaux et récents qui semblent prometteurs. Ainsi, les recommandations actuelles encouragent le recours à des indicateurs multiples et variés, ainsi qu'à du matériel ludique et familial.

Nous avons aussi souligné le fait que les stratégies cognitives sont liées de près aux processus d'autorégulation et que leur étude peut contribuer à mieux comprendre le développement de l'autorégulation. Nous avons vu, à travers la présentation du modèle de Siegler, que l'émergence des stratégies cognitives fait partie intégrante du développement cognitif, très variable selon l'âge, le domaine, le niveau de compétences et le contexte. Ce modèle accorde une place centrale à la construction d'un répertoire stratégique. De plus, nous avons également vu qu'acquérir et maîtriser une stratégie nécessite le passage par quatre étapes d'après le modèle de Miller (1990). Parmi elle, la Déficience d'Utilisation, caractérisée par une production correcte de la stratégie mais sans le bénéfice escompté sur les performances, peut s'expliquer par une surcharge cognitive engendrée par l'activité stratégique elle-même et les processus autorégulateurs associés. Celle-ci est très coûteuse et empêcherait l'apprenant de consacrer suffisamment de ressources aux processus liés à la réalisation de la tâche, provoquant par là même la survenue d'une DU. Néanmoins, ce coût diminue au fur et à mesure que la stratégie s'automatise, soulignant une fois de plus l'importance de l'entraînement stratégique. Enfin ce phénomène de DU a aussi été retrouvé lorsqu'un apprenant doit transférer une stratégie dans une nouvelle tâche ou un nouveau contexte. En effet, face à une tâche de transfert, la stratégie doit être adaptée à cette nouvelle tâche particulière et cela est permis grâce aux stratégies d'autorégulation. Mais le recours à ces stratégies est coûteux et cette adaptation causerait une surcharge cognitive responsable de la déficience d'utilisation due au transfert (t-UD). Nous avons pu souligner que les DU semblent aussi dépendre de caractéristiques contextuelles comme le choix du matériel et de la tâche, et de caractéristiques individuelles comme peuvent l'être les fonctions exécutives et la métacognition.

CHAPITRE 3 : FONCTIONS EXECUTIVES ET METACOGNITION DEUX PRECURSEURS DE L'AUTOREGULATION DE L'APPRENTISSAGE

Nous venons de voir que l'autorégulation des apprentissages implique une participation active de l'apprenant, qui doit contrôler ses pensées et ses actions afin d'atteindre le but visé ainsi que surveiller l'environnement qui l'entoure. Comme le suggèrent Marulis et al. (2020), ce processus complexe pourrait dépendre d'autres grandes fonctions cognitives nécessaires au contrôle et au monitoring : les Fonctions Exécutives (FE) et la Métacognition. Ces fonctions permettent à l'apprenant d'être actif dans son processus d'apprentissage. Elles lui permettent de prendre en compte la perception qu'il a de lui-même en tant qu'apprenant, ainsi que des capacités d'adaptations qui en découlent. Elles peuvent donc être envisagées comme des précurseurs de l'autorégulation de l'apprentissage (Dörr & Perels, 2019 ; Jacob et al., 2019a et b). C'est ce que nous allons expliquer plus en détails dans ce chapitre. Nous commencerons par définir ce que sont les FE et comment elles peuvent constituer la part cognitive de l'autorégulation. Dans une seconde partie, nous déterminerons ce qu'est la Métacognition et nous reviendrons sur la manière dont elle contribue au monitoring et au contrôle des stratégies. Enfin, nous nous attarderons sur ce qui permet de faire le lien entre ces grandes fonctions cognitives : les buts.

1. Les fonctions exécutives, part cognitive de l'autorégulation

1.1. Définir les Fonctions Exécutives : différents points de vue

Considérées comme un ensemble d'habiletés cognitives de haut niveau nécessaire à la réalisation d'un comportement dirigé vers un but (Diamond, 2006 ; Garon et al., 2008), les FE sont essentiellement sous la dépendance des aires cérébrales frontales (Roy et al., 2012) et préfrontales (Garon et al., 2008 ; Knapp & Morton, 2017 ; Miyake et al., 2000 ; Wiebe et al., 2011). Elles sont mobilisées dans des situations non-routinières, nouvelles, conflictuelles ou lors de la réalisation d'une tâche complexe (Diamond, 2016). Ces fonctions cognitives de haut niveau correspondent à un ensemble de processus de contrôle à usage général qui permettent de moduler les pensées, les émotions et les comportements (Miyake & Friedman, 2012) et qui régulent ainsi la dynamique de la cognition humaine (Miyake et al., 2000). Historiquement, les FE ont principalement été étudiées dans le domaine de la neurologie (Carlson et al., 2013). De nombreuses études de cas de patients atteints de lésions cérébrales ou de traumatismes crâniens demeurent célèbres, et ont contribué à mieux comprendre ces fonctions complexes. Les études qui se sont intéressées aux conséquences des déficits des FE ont permis de mieux comprendre certains troubles, tels que le Trouble Déficitaire de l'Attention avec/sans Hyperactivité ou les Troubles du Spectre Autistique (Moriguchi et al., 2016).

Progressivement les FE ont été étudiées dans divers domaines ainsi que dans une perspective développementale. Il existe de multiples classifications de ces fonctions et de nombreuses terminologies pour s'y référer, témoignant ainsi d'un certain manque de cohésion

(Duval et al., 2017). Sont évoqués le « fonctionnement exécutif », le « contrôle attentionnel », le « contrôle exécutif », « l'attention exécutive ». Toutefois, les chercheurs semblent s'accorder sur le rôle régulateur que tiennent les FE dans la cognition. Ainsi, l'expression « Fonction Exécutive » est un mot parapluie qui intègre un ensemble de fonctions cognitives de haut niveau, étroitement liées les unes aux autres (Bailey et al., 2015, cités par Duval et al., 2017). Les FE sont ainsi considérées comme une clé de voûte des capacités d'adaptation et d'autonomie (Fournieret & Des Portes, 2017) et sont donc indispensables dans la vie quotidienne.

Pour certains auteurs comme Zelazo (2015 ; Zelazo & Carlson, 2012, 2020 ; Zelazo & Müller, 2002), les FE auraient plusieurs facettes, permettant de les distinguer selon les contextes dans lesquels elles sont mobilisées. Dans des situations avec des enjeux émotionnels et motivationnels impliquant un versant plutôt affectif, on peut parler de FE « chaudes » (*hot*) qui sont plutôt associées aux régions orbitales et ventromédianes du cortex préfrontal. Elles renvoient aux capacités de prise de décision dans des situations à l'issue incertaine et à fort enjeu émotionnel. Face à des situations relevant de problèmes abstraits et décontextualisés dépourvus d'enjeux motivationnels ou émotionnels, on parlera plutôt de FE « froides » (*cold* ou *cool*), associées aux régions préfrontales dorsolatérales. On admet aussi désormais que les FE contribuent au développement de compétences cognitives (théorie de l'esprit : Carlson et al., 2004 ; Moses, & Carlson, 2004), sociales (Blair, 2002 ; Moriguchi et al., 2016) et scolaires (Best et al., 2009 ; Bierman & Torres, 2016 ; Blair & Razza, 2007 ; Kubota et al., 2020 ; Musso et al., 2019). Dans la littérature, on peut distinguer deux points de vue sur les capacités de contrôle cognitif, sur lesquels nous allons maintenant revenir.

1.2. Le modèle à Deux Mécanismes de Contrôle de Braver (2012)

Selon Braver (2012), le contrôle cognitif est variable par nature. Il renvoie « à la capacité de réguler, coordonner et séquencer les pensées et les actions conformément aux buts comportementaux représentés intérieurement » (Braver, 2012, p. 106, *notre traduction*). Ce modèle trouve son origine dans l'idée que les mêmes régions cérébrales constituant le cortex préfrontal latéral sont impliquées dans la mise en œuvre de différents processus de contrôle cognitif. Ces processus de contrôle dépendent de la période et de la durée pendant lesquelles une région est activée (Braver et al., 2009). S'intéresser à la variabilité intrinsèque du contrôle cognitif revient à rendre compte de la dynamique temporelle des processus impliqués dans la poursuite d'un but, et d'en faire un élément essentiel à sa compréhension. Cette variabilité se manifesterait dans le changement de mode de contrôle utilisé par l'individu, passant d'un mode réactif à un mode proactif. Ces deux modes de contrôle cognitif peuvent être activés de manière flexible au sein des mêmes régions du cortex préfrontal, via la modulation des réponses neuronales et en fonction de l'évolution de la tâche ou des objectifs comportementaux (Braver et al., 2009). Braver décrit ce phénomène dans son modèle à Deux Mécanismes de Contrôle (« *Dual Mechanisms of Control* » 'DMC' ; Braver, 2012 ; Braver et al., 2007).

Le mode de contrôle réactif implique de détecter les erreurs ou interférences après qu'un événement s'est produit (Kubota et al., 2020). Il s'agit d'un traitement de l'information post-réponse (Thaqi & Roebers, 2020) où les représentations des buts ne sont activées (ou récupérées) que lorsque c'est nécessaire. Ce mode n'est donc stimulé que de manière transitoire et en fonction de la situation ou des besoins. L'attention est mobilisée en tant que mécanisme de « correction tardive », comme après la détection d'une erreur ou d'une situation problème (Braver, 2012). Ce mode de contrôle implique que les éléments déclencheurs eux-mêmes doivent être saillants, ou au minimum assez discriminants pour conduire à la réactivation répétée du but. L'inconvénient néanmoins, est que le but n'est pas maintenu de manière continue. D'un autre côté, un avantage lié au mode réactif est que, pendant l'intervalle de temps qui s'écoule entre la formation de l'intention et sa finalisation, des ressources cognitives sont libérées, ce qui permet que d'autres tâches et buts puissent être réalisés plus efficacement. Le contrôle réactif dépend moins des repères contextuels (temps écoulé ; luminosité) que des indices associatifs de type bottom-up qui permettent de récupérer les buts stockés. Il est de ce fait moins coûteux en ressources attentionnelles, mais nécessite plus de temps pour réagir (Dutilh et al., 2012, cités par Thaqi & Roebers, 2020). Ce mode réactif est aussi plus vulnérable aux effets transitoires de capture attentionnelle ou d'orientation, qui peuvent perturber la réactivation du but (Braver, 2012).

A l'inverse, avec le mode de contrôle proactif, c'est avant la mise en œuvre des buts que les représentations de ces derniers sont activées, pour être ensuite maintenues en continu tant qu'elles sont requises. Ce mode de contrôle repose sur un juste équilibre entre précision et vitesse dans les réponses données (Diamond, 2013), et nécessite ainsi un monitoring des interférences qui peuvent changer au cours d'une tâche (Thaqi & Roebers, 2020). Ce mode présente l'avantage de réduire les interférences issues de distractions internes ou externes, pour optimiser les réponses en ajustant en permanence les plans et les comportements en direction du but. L'inconvénient du mode proactif est qu'il nécessite un maintien continu des buts, le rendant ainsi très consommateur de ressources cognitives (Kubota et al., 2020). Ce mode constitue une forme de « sélection précoce », où les informations pertinentes pour le but sont maintenues de manière active et soutenue avant même la survenue d'interférences. Il permet à une personne d'anticiper sur les événements à venir (Kubota et al., 2020). Il est par ailleurs dépendant de la disponibilité d'indices contextuels pour déclencher l'activation et le maintien du but, avant même le moment où ce but est activé. Ce mode proactif rend compte d'un traitement cognitif plus fragile, mais moins sensible aux autres sources d'informations disponibles dans l'environnement.

Ainsi, selon Braver (2012), « *le contrôle proactif repose sur l'anticipation et la prévention des interférences avant qu'elles ne se produisent, tandis que le contrôle réactif repose sur la détection et la résolution des interférences après leur apparition* » (p. 106, *notre traduction*). La distinction conceptuelle entre contrôles réactif et proactif peut être illustrée par la tâche classique de dénomination des couleurs Stroop (Figure 3). Le mode de contrôle réactif, qui implique la

détection d'interférences, est représenté sur la première ligne. On peut voir, dans la dernière vignette, que ce mode survient après la présentation d'un stimulus incongru (le mot rouge écrit à l'encre verte) ce qui stimule la réactivation du but de la tâche et permet une réponse réussie. Cependant, cela prend plus de temps qu'en présence d'un stimulus congruent (mot bleu écrit en bleu). On remarque que les buts de la tâche ne sont pas activement maintenus entre les mots, dans les périodes intermédiaires (vignettes 1 et 3).

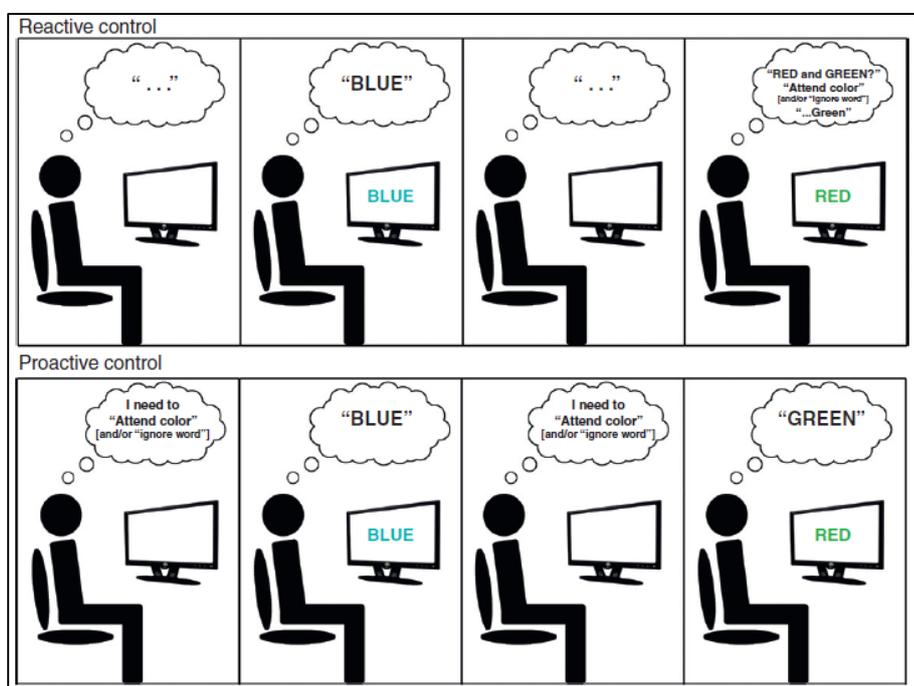


Figure 3. Illustration des deux modes de contrôle de Braver (2012, p. 107).

Ainsi, même après l'apparition d'un stimulus congruent, les buts peuvent ne pas être maintenus actifs et conduire ainsi à commettre davantage d'erreurs. Le mode de contrôle proactif, qui implique un maintien actif et soutenu des buts de la tâche est représenté sur la seconde ligne. On peut voir, dans la première et la troisième vignette, que ce mode survient pendant les intervalles intermédiaires où l'individu se remémore la règle. Ainsi, ce mode entraîne moins de conflits face aux stimuli incongruents (dernière vignette). Braver (2012) souligne que cette illustration ne reflète pas forcément la réalité des processus de représentation des buts mais qu'elle permet surtout d'en faciliter la description. Le cadre DMC ne précise pas si les buts impliquent un codage verbal ou s'ils sont consciemment accessibles. De plus, il n'exclut pas que les deux modes puissent être engagés simultanément, les rendant ainsi semi-indépendants ou liés. L'un ou l'autre mode serait préférentiellement activé selon certains facteurs, comme les caractéristiques de l'individu lui-même ou celles de la tâche (Chiew & Braver, 2017). En effet, l'un des objectifs centraux de ce modèle est d'offrir un cadre unificateur, qui permette de prendre en compte et expliquer à la fois la variabilité inter-individuelle et la variabilité intra-individuelle dans le contrôle cognitif. Le modèle DMC permet aussi de considérer les changements et les différences qui existent entre les populations (âge, pathologie). Comme nous l'avons indiqué plus

haut, un changement dynamique entre les deux modes de contrôle peut se produire chez un individu en fonction de l'évolution des conditions de la tâche (Braver et al., 2009). Ce cadre théorique permet ainsi de rendre compte de la variabilité dans le développement du contrôle cognitif, de manière qualitative et à travers trois sources de variations possibles : intra-individuelle (liée à la tâche ou à l'état), inter-individuelle (liée aux traits), inter-groupes (liée aux changements dans différentes populations).

1.3. Le modèle Unité/Diversité de Miyake et Friedman (2012)

Le contrôle cognitif peut aussi s'étudier en s'intéressant aux FE, offrant ainsi une vision plus intégrative de ce contrôle. Les FE ont longtemps été envisagées comme une entité unitaire, sous l'influence de modèles de psychologie cognitive faisant autorité, comme le modèle du système attentionnel superviseur de Norman et Shallice (1986) ou le modèle de mémoire de travail et son administrateur central que l'on doit à Baddeley (Baddeley & Hitch, 1974 ; Baddeley, 2000). La tendance actuelle intègre ces fonctions cognitives de haut niveau dans un ensemble de processus aux multiples composants (Diamond, 2016 ; Miyake et al., 2000 ; Zelazo, 2015). Ainsi, il est maintenant bien établi que les FE, chez l'adulte, sont différenciées en trois fonctions dites fondamentales (*foundational*) : la mémoire de travail (MDT), l'inhibition, la flexibilité cognitive. La Figure 4 représente le modèle « Unité et Diversité » inspiré des travaux de Miyake (Miyake et al., 2000 ; Miyake & Friedman, 2012). Dans ce modèle, chaque FE (par exemple, la flexibilité) est en réalité une combinaison à la fois de ce qui est commun aux trois FE (partie centrale, *UNITE*) et de ce qui est spécifique à cette FE (module de droite, spécifique à la flexibilité, *DIVERSITE*). Notons que ce modèle ne prévoit pas de part spécifique à l'inhibition.

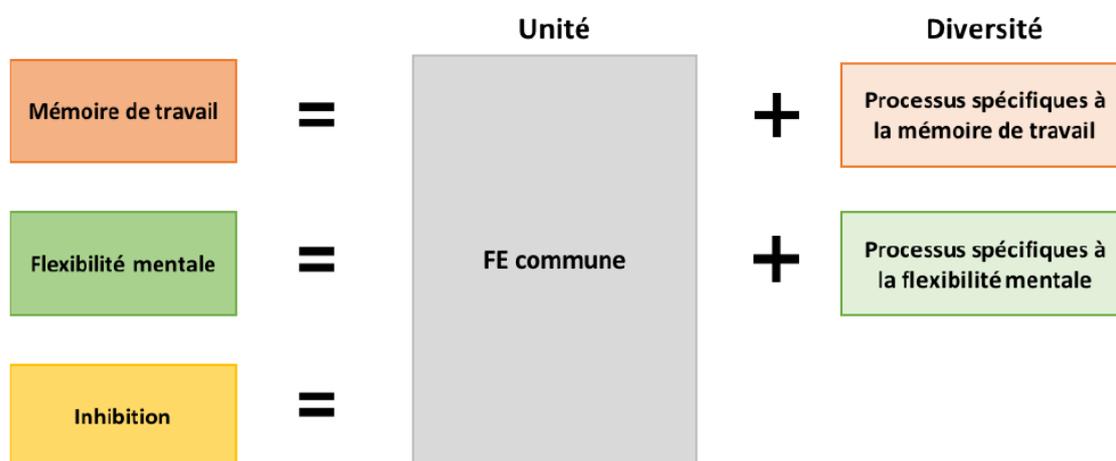


Figure 4. Représentation schématique du Modèle Unité/Diversité des trois principales FE.

Notes : figure inspirée de Miyake et Friedman (2012) reprise de Duval et al. (2018) p98.

Ainsi, selon Miyake et Friedman (2012) la part commune des FE (UNITE) concerne la capacité à maintenir activement les buts de la tâche et les informations qui s'y rapportent, et à utiliser ces informations pour orienter les traitements de niveau inférieur. Les composantes

spécifiques (DIVERSITE) reflètent plus particulièrement les caractéristiques propres à chaque fonction. La flexibilité cognitive par exemple correspond à la capacité à basculer vers un nouveau but (*shifting*). Ce modèle d'UNITE / DIVERSITE fournit une base utile pour considérer les différences individuelles dans les FE.

Des questions restent en suspens concernant le développement de ces modules en trajectoires développementales. Nous nous y attarderons dans le chapitre 4. Nous pouvons en revanche revenir plus précisément ici sur les trois principales fonctions exécutives.

1.4. Les trois fonctions exécutives « fondamentales »

1.4.1. Mémoire de travail (MDT)

La mémoire de travail peut être définie comme « *un système de capacités limitées permettant le stockage temporaire et la manipulation des informations nécessaires à des tâches aussi complexes que la compréhension, les apprentissages et le raisonnement* » (Baddeley 2000, p. 418). Compte tenu de ses capacités limitées, la MDT permet aussi de réviser les informations qu'elle contient, en remplaçant les informations obsolètes par des informations plus pertinentes : c'est pourquoi on évoque plus souvent la fonction de mise à jour de la MDT ('*working memory updating*' ; Linares et al., 2019 ; Pelegrina et al., 2020). La MDT est essentielle pour comprendre tout ce qui se passe au fil du temps et elle est sans cesse mobilisée au quotidien. Par exemple, c'est grâce à elle que l'on peut pratiquer un sport tout en comptant le score, ou poursuivre une activité après avoir été interrompue par une conversation téléphonique impromptue. C'est aussi grâce à elle que l'on peut se souvenir de nos intentions et appréhender une situation dans son ensemble. L'étude de la MDT offre ainsi un cadre pour conceptualiser le rôle de la combinaison du stockage temporaire d'informations et de leur manipulation dans l'exécution de tâches cognitives complexes (Baddeley, 2000). Ces caractéristiques permettent de la distinguer de la mémoire à court terme qui renvoie davantage au simple stockage temporaire d'informations (Baddeley, 2012).

1.4.2. Inhibition

L'inhibition peut être définie comme « *un processus qui permet de bloquer ou de supprimer des informations ou des réponses non pertinentes pour le but à atteindre* » (Simpson & Riggs, 2007, p. 152). Elle correspond au contrôle volontaire assuré par un individu (Diamond, 2013), qui permet de supprimer ou d'interrompre une réponse prépondérante ou automatique pendant la réalisation d'une tâche. Ainsi, on peut aussi s'y référer sous le terme de contrôle inhibiteur pour spécifier cette capacité à supprimer les réponses inappropriées (Simpson & Carroll, 2019). En contexte scolaire, l'inhibition permet à l'élève de modifier ses actions au regard des exigences de l'environnement, comme par exemple se retenir de parler en levant le doigt et attendre son tour.

L'inhibition et la régulation du comportement sont étroitement liées, en particulier pendant les années préscolaires (Oeri et al., 2018).

On peut distinguer plusieurs types d'inhibition (Diamond, 2013 ; Tiego et al., 2018). Ainsi, les taxonomies actuelles font la distinction entre l'inhibition de la réponse et l'inhibition de l'attention. L'inhibition de la réponse, aussi appelée inhibition comportementale ou motrice, correspond à la capacité de supprimer une réponse motrice prépondérante ou de bloquer des séquences d'action. L'inhibition de l'attention, aussi appelée contrôle de l'interférence ou résistance à la distraction, correspond à la capacité de résister aux interférences causées par des stimuli distrayants présents dans l'environnement. Ces deux formes d'inhibition ont aussi été rapprochées du modèle DMC (Braver, 2012). On peut ainsi faire référence à l'inhibition de la réponse en évoquant l'inhibition *proactive* et à l'inhibition de l'attention en termes d'inhibition *réactive*. Cependant, dans certaines études ces deux formes d'inhibition ont montré des corrélations positives modérément fortes, suggérant qu'il s'agit de capacités cognitives étroitement liées qui pourraient refléter la contribution de l'attention soutenue et sélective dans la mise en œuvre du contrôle inhibiteur par défaut. Certains auteurs suggèrent alors de s'y référer en évoquant le contrôle inhibiteur attentionnel ('AIC' ; Perri, 2020).

Enfin, Chevalier (2010) distingue aussi l'inhibition conceptuelle qui se situe au niveau des représentations mentales et qui se manifeste par exemple par des erreurs de persévération rendant compte de la difficulté à activer une représentation jusque-là ignorée. Elle permet d'écarter des informations inappropriées en vue d'atteindre un but (Simpson & Riggs, 2007). Simpson et Carroll (2018) ont montré l'existence d'un lien entre conceptualisation de la tâche et inhibition chez des enfants de maternelle. Ainsi, le simple fait de changer la façon dont les règles sont introduites peut influencer l'adoption d'une conceptualisation de la tâche, de manière à éviter le besoin d'un contrôle inhibiteur et permettant de dépasser les difficultés.

1.4.3. *Flexibilité cognitive*

La troisième FE fondamentale est la flexibilité cognitive (*Set shifting / Switching*). Elle se définit comme la capacité d'adapter nos pensées et nos comportements en réponse aux changements de nos objectifs ou de notre environnement (Blakey et al., 2016). C'est grâce à la flexibilité que nous pouvons changer rapidement de tâches, de consignes, de stratégies ou de buts en cours de tâche (Cragg & Chevalier, 2012). Elle permet d'analyser l'environnement sous différents angles afin de s'adapter aux demandes ; de profiter des opportunités inattendues que nous offre une situation (sérendipité) ; de consacrer tour à tour nos ressources attentionnelles à différents aspects d'une tâche ; de concevoir de nouvelles façons d'appréhender une situation en élaborant des procédures nouvelles qui ne font pas partie de notre répertoire (Clément, 2006, 2021). La flexibilité permet ainsi de 'sortir des sentiers battus' (*thinking outside the box*) pour reprendre la formule de Diamond (2013). La flexibilité cognitive est ainsi l'opposé de la rigidité.

Certains chercheurs estiment que, trop souvent, on n'envisage l'étude de la flexibilité qu'à travers ses aspects exécutifs au détriment des aspects conceptuels (Chevalier & Blaye, 2006 ; Chevalier et al., 2014 ; Maintenant & Pennequin, 2016). Pourtant, comme le soulignent Cragg et Chevalier (2012), la flexibilité se distingue d'un simple processus de *shifting* et renvoie à quelque chose de plus complexe. Selon eux, il s'agit d'un ensemble de processus reliés à la prise de décision et à la fixation du but, au changement de tâche en soi qu'il soit de nature intentionnelle ou automatique. Elle est aussi liée aux processus attentionnels, en nous permettant de nous désengager attentionnellement d'une tâche pour nous engager dans une autre. La flexibilité nous permettrait de « reconfigurer » notre esprit rapidement pour pouvoir passer d'une tâche à une autre (Braem & Egner, 2018).

La flexibilité implique de s'adapter au changement, ce qui peut exiger le maintien d'un type de représentation alors même que des représentations distractrices peuvent être activées par la situation. Or, nous avons vu que cette capacité de maintien d'une même représentation face à l'interférence provenant d'informations non pertinentes, est une caractéristique essentielle de la MDT (Chevalier & Blaye, 2006). La flexibilité est donc liée de près à la MDT. Ainsi, la flexibilité ne doit pas être considérée comme un processus unitaire mais plutôt comme un ensemble de composantes diverses, ce qui rend son étude complexe. D'ailleurs, son statut est controversé et on peut relever un problème de définition, voire de conception, dans la littérature (Blakey et al., 2016 ; Deàk & Wiseheart, 2015 ; Diamond, 2013 ; Hendry et al., 2016 ; Monette et al., 2015). C'est aussi pour ces raisons que nous nous y sommes plus particulièrement intéressés dans nos travaux, et c'est pourquoi nous nous y attardons un peu plus longuement ici.

Tout comme l'inhibition, on peut distinguer différentes formes de flexibilité. *La flexibilité représentationnelle* (Clément, 2001, 2006 ; Clerc & Clément, 2016 ; Ebersbach & Hagedorn, 2011) consiste à changer de point de vue sur la situation pour trouver une solution. Elle implique plus particulièrement des changements conceptuels successifs et consécutifs à la prise en compte des contraintes et des retours de l'environnement. Elle est plus particulièrement mobilisée dans les activités type dessin ou schématisation, et fait généralement référence à la capacité de rompre avec des routines de dessin fixes (Picard & Vinter, 2005 ; Karmiloff-Smith, 1990). Cela renvoie à la possibilité de modifier le contenu (ce qui est représenté) et/ou la procédure séquentielle d'un dessin (comment il est représenté) (Morra 2008).

La flexibilité catégorielle (Maintenant & Blaye, 2008 ; Maintenant & Pennequin, 2016 ; Maintenant et al., 2020) correspond quant à elle à la capacité à changer de critères de catégorisation pour un même concept selon la situation. Dans le cadre de la résolution de problème en lien avec la représentation de la situation, la façon dont l'individu comprend la situation compte tenu du contexte, de ses expériences passées et de ses connaissances, dépend de l'interprétation et du codage des propriétés de la situation qui vont définir la façon dont on peut agir sur les objets (Clément, 2006, 2021). Si ces contraintes ne sont pas identifiées ou sont mal

interprétées, la situation devient problématique. Les deux aspects de l'activité de résolution de problème – identifier les contraintes de la situation et choisir la stratégie la plus efficace dans le contexte – permettent d'envisager différentes expressions de la flexibilité, et de faire le lien avec la distinction établie par Eslinger et Grattan (1993) entre *flexibilité spontanée* et *flexibilité réactive*.

La *flexibilité spontanée*, de type top-down, est à l'œuvre face à un environnement stable ne nécessitant pas de changement. Elle correspond à la capacité d'envisager plusieurs points de vue sur un même objet, ou plusieurs moyens pour atteindre un même but. La *flexibilité réactive*, de type bottom-up, est nécessaire quand l'environnement change et que les contraintes de la tâche exigent un changement de réponse (ou lorsqu'on se retrouve dans une impasse). Elle découle d'une réorientation de l'attention, déclenchée par un signal de l'environnement vers des propriétés qui n'étaient pas dans le focus attentionnel. Elle témoigne de la capacité d'alterner entre des états cognitifs différents, et permet de se désengager de l'action en cours pour s'investir dans une nouvelle action. Ce désengagement contribue à un changement de la représentation du but à atteindre, pouvant aboutir à un changement du but poursuivi. La flexibilité réactive se manifeste particulièrement en situation complexe comme peuvent l'être les tâches scolaires. C'est cette flexibilité réactive qui nous a plus spécifiquement intéressée et que nous avons étudiée dans nos travaux.

Nous venons de voir que le contrôle cognitif, assuré par les FE, permet une adaptation flexible à des environnements changeants, reflétant ainsi un aspect important du comportement dirigé vers un but (Kubota et al., 2020). Cependant, l'autorégulation nécessite la coordination et le traitement de multiples composants afin de pouvoir contrôler son apprentissage en vue d'atteindre son but (Blair & Raver, 2012 ; Vohs & Baumeister, 2011). Parmi eux, on trouve aussi les capacités de réflexion, d'adaptation, et d'ajustement, d'un apprenant qui fait face à des changements grâce à la métacognition.

2. La métacognition pour surveiller et contrôler ses stratégies cognitives

2.1. Définir la métacognition

La métacognition est un concept composite très ancré dans l'action, ce qui le rend complexe. Elle se rapporte à la connaissance que l'on a de ses propres processus cognitifs et au contrôle que l'on exerce sur eux (Flavell, 1971, 1979). La métacognition a été opérationnalisée par Flavell dans quatre domaines clés : les connaissances métacognitives, les expériences métacognitives, les tâches et l'activation de stratégies (Dinsmore et al., 2008 ; Efklides, 2011). Cette vision implique de distinguer d'une part, la conscience de soi, permise par une base de connaissances contenant des informations sur les conditions d'utilisation de diverses stratégies cognitives (connaissances métacognitives) ; d'autre part, la prise de conscience elle-même et l'accès aux stratégies qui dirigent l'apprentissage (compétences métacognitives). La métacognition peut

donc s'envisager comme un concept à composante double (Efklides, 2011 ; Flavell, 1976 ; Romainville, 2007) :

- l'une *déclarative* : correspond à l'ensemble des connaissances sur la cognition qu'un individu se construit consciemment à propos de ses actes mentaux au fur et à mesure de ses expériences. On peut s'y référer sous le terme de *métaconnaissances* ou de *savoir métacognitif*. La scolarité joue un rôle important dans l'acquisition de ces connaissances.

- l'autre *procédurale* : renvoie aux mécanismes de régulation de la cognition. Elle correspond aux stratégies métacognitives assurant le contrôle sur la cognition, c'est-à-dire l'autorégulation. On peut aussi s'y référer sous le terme de capacités, compétences ou habiletés métacognitives (Brown, 1980, citée par Noël & Cartier, 2016). En contexte scolaire, cette composante fait référence à la capacité de l'élève à réguler ses manières d'apprendre, c'est-à-dire les planifier, contrôler leur mise en œuvre et les ajuster si nécessaire après en avoir évalué les effets.

Nous allons présenter plus en détails ces deux versants de la métacognition.

2.2. Principales composantes

2.2.1. Le versant déclaratif de la métacognition : les métaconnaissances

Flavell (1979) définit les métaconnaissances comme des « *connaissances sur la cognition* » qui reflètent une partie de nos connaissances sur le monde. Elles regroupent les connaissances, correctes ou erronées, qu'un individu a de son propre fonctionnement cognitif et de celui d'autrui. Elles comprennent également les éléments concernant la nature de la cognition en général et des différents facteurs qui peuvent interagir pour influencer sur notre propre pensée (Larkin, 2010). Ces métaconnaissances sont à la base du processus de métacognition car c'est par elles que les autres composantes vont être activées. Trois types de métaconnaissances sont répertoriés : déclaratives (*ce que je sais*), procédurales (*comment je fais*), conditionnelles (*quand, où et pourquoi utiliser des stratégies*). Flavell (1987, cité par Colognesi & Van Nieuwenhoven, 2016) distingue quatre catégories principales de métaconnaissances déclaratives, à savoir celles : 1) *sur les personnes* : il s'agit des connaissances relatives à soi ou à autrui sur des aspects cognitifs, émotionnels ou motivationnels, des différences intra et inter-individuelles ; 2) *sur les tâches* : il s'agit des connaissances sur la nature, les caractéristiques et le contenu d'activités, tout comme les exigences, le niveau de difficulté du contenu et ses raisons ; 3) *sur les stratégies* : il s'agit des connaissances sur la nature, l'utilité, l'efficacité et la façon d'utiliser les stratégies. Elles renvoient ainsi aux connaissances déclaratives (*ce que je sais*), procédurales (*comment je fais*), conditionnelles (*quand et pourquoi les appliquer*) ; 4) *la combinaison des trois autres* : qui permettent une réflexion personnelle sur le niveau ou l'état de sa connaissance et de ses capacités.

Comme le souligne Larkin (2010), Flavell attribue une place importante à l'expérience pour le développement de cette base de connaissances métacognitives, et plus particulièrement

aux expériences métacognitives. Celles-ci peuvent s'envisager comme un processus bottom-up de régulation de la cognition et de la conation. Elles renvoient à la prise de conscience de l'effort cognitif actuel et en cours (Louca-Papaleontiou, 2019). Efklides (2008) les définit comme « *ce dont la personne est consciente et ce qu'elle ressent face à la tâche, en fournissant un effort cognitif pour traiter les informations* » (p. 279, *notre traduction*). Il s'agirait d'une sorte de conscience connectée de l'apprenant avec la tâche en cours. Elles font, en effet, office d'interface entre la tâche et l'apprenant, quand celui-ci prend conscience de ses processus de pensées actuels (Berger & Büchel, 2012 ; Efklides, 2006). De durée et de complexité variables, les expériences métacognitives peuvent survenir à tout moment et être liées à la progression vers un but ou aux connaissances métacognitives déjà stockées (Larkin, 2010). Elles peuvent se manifester avant, pendant ou après le traitement de la tâche, et souvent dans des conditions qui stimulent la réflexion et nécessitent une pensée précise et hautement consciente. Elles peuvent aussi apparaître dans des situations où les décisions et les actions sont à la fois lourdes et risquées. Berger et Büchel les définissent comme « *les sentiments subjectifs et les jugements relatifs à l'engagement cognitif actuel de l'apprenant (pendant la tâche)* » (2012, p. 96). Les expériences métacognitives sont ainsi le produit des processus de monitoring de la cognition (Efklides, 2001). En cours de tâche, trois types d'expériences métacognitives peuvent apparaître : celles en relation avec la représentation de la tâche, celles concernant le processus cognitif, et celles liées à la performance.

2.2.2. *Le versant procédural de la métacognition : les stratégies métacognitives*

Les stratégies métacognitives sont des stratégies générales qui interviennent dans toute situation cognitive (apprentissage scolaire, situation professionnelle, vie quotidienne, loisirs). Comme nous l'avons évoqué dans le chapitre 1, elles sont considérées comme celles qui assurent la régulation et le contrôle top-down de la cognition, à l'œuvre pendant la réalisation de la tâche. Elles permettent de suivre les progrès dans la tâche et d'utiliser de nouvelles stratégies (par exemple demander de l'aide) ou de nouvelles façons de penser la tâche (par exemple relire lentement un énoncé) afin de progresser (Larkin, 2010). Différentes conceptions sont proposées selon les auteurs, mais il y a consensus sur un regroupement en deux catégories :

- *Les stratégies de PRÉPARATION de l'apprentissage* : elles favorisent l'anticipation et la planification avant la résolution de la tâche. Elles permettent d'estimer le niveau de performance requis et les difficultés spécifiques à la tâche, pour prévoir les conséquences et planifier des stratégies alternatives si nécessaire. Par exemple, cela peut correspondre au fait de se fixer un but personnel clair et précis avant de démarrer ; d'imaginer comment procéder ; d'estimer le résultat de l'activité.
- *Les stratégies de SUPERVISION de l'apprentissage* : elles permettent le contrôle en continu et le contrôle final de l'activité cognitive, ainsi que la vérification et l'évaluation des résultats et des actions stratégiques au regard des critères d'efficacité. Par exemple, cela peut correspondre au fait de hiérarchiser les informations, tester, réviser ou remanier la stratégie en cours.

Ainsi, la métacognition revêt différents aspects (Efklides, 2008) : ce que l'on peut apprendre (*à propos de quoi ?*), les moments où l'on peut apprendre (*quand ?*), en fonction des compétences métacognitives qui interviennent (*selon quoi ?*), suivant les outils que l'on peut mettre en place (*comment ?*). Elle n'est donc pas un simple changement de stratégie qui serait opéré par un élève à la suite d'un processus adaptatif inconscient d'essais-erreurs, mais plutôt une modification de stratégie résultant d'une prise de conscience de ses propres opérations cognitives. Pour Winne (2011, 2017), les mêmes processus cognitifs fondamentaux sont utilisés dans la cognition et dans la métacognition. Néanmoins, l'activité cognitive permet d'effectuer une tâche, tandis que l'activité métacognitive fournit des informations sur le déroulement de la tâche. En contexte scolaire, la métacognition correspond à la connaissance et la gestion du fonctionnement cognitif d'un élève ou de sa façon d'apprendre, qui lui permettent d'envisager comment exécuter une tâche ou ajuster son activité au but visé. Les processus métacognitifs se développent ainsi lors de la confrontation aux tâches cognitives, quand l'apprenant réfléchit à ses actions et les modifie pour s'ajuster (Efklides, 2011, 2014). C'est cette façon de considérer l'apprenant en interaction directe avec la tâche qui se retrouve au cœur des travaux d'Efklides et de son modèle d'apprentissage autorégulé métacognitif et affectif (MASRL).

2.3. Le modèle MASRL d'Efklides (2011)

Partant du constat d'un manque de communication entre les recherches sur l'apprentissage autorégulé et celles sur la métacognition pendant la réalisation d'une tâche, Efklides propose, en 2011, un nouveau modèle pour souligner les interactions de la métacognition, de la motivation et des émotions, le "*Metacognitive and Affective Model of Self-Regulated Learning*" (MASRL) repris ci-dessous dans la Figure 5. Ce modèle distingue deux niveaux principaux de fonctionnement :

- 1) **Le Niveau personne** (macro niveau) regroupe les caractéristiques personnelles de l'apprenant, ses traits de caractère, habiletés cognitives, connaissances métacognitives, compétences, perception de contrôle, attitudes, émotions, croyances motivationnelles. Il représente également le concept de soi. Ce niveau général guide la régulation de l'apprentissage vers l'atteinte du but visé par un processus top-down. Il contribue aux prises de décisions pendant la réalisation de l'activité en cours ainsi qu'à l'engagement dans cette activité. A ce niveau, le modèle MASRL est assez proche d'autres modèles axés sur l'apprenant comme celui de Zimmerman (2000).
- 2) **Le Niveau interaction Tâche x Personne** (micro niveau) regroupe les expériences métacognitives, le sentiment de difficulté, ou encore le niveau affectif. Ce niveau guide la régulation de l'apprentissage par un processus bottom-up de monitoring tel qu'on peut le trouver dans la vision de Winne (2011). Il influence les changements et émotions qui apparaissent en cours de tâche. A ce niveau, c'est l'exécution de la tâche elle-même qui occupe la majeure partie de l'attention et du traitement de l'apprenant, et les actions sont basées sur le monitoring bottom-up. On distingue trois phases à ce niveau :
 - *La représentation de la tâche* : selon la perception qu'a l'individu de la tâche à réaliser, il se fixe un but et planifie son apprentissage. Ceci implique deux processus, un processus conscient d'analyse de la nouveauté (expérience métacognitive) et un processus automatique si la tâche est familière.

- *Les processus cognitifs* : ils permettent la récupération automatique en mémoire de la représentation de la tâche et des expériences métacognitives qui en facilitent le traitement ; si des perturbations apparaissent, la récupération en mémoire passe sous contrôle conscient et l'effort apparaît.
- *La performance* : elle consiste en l'évaluation des performances qui génère un sentiment de satisfaction. Cette estimation est confrontée aux expériences métacognitives, au monitoring et aux émotions ressenties. Les affects impactent ainsi directement les cognitions.

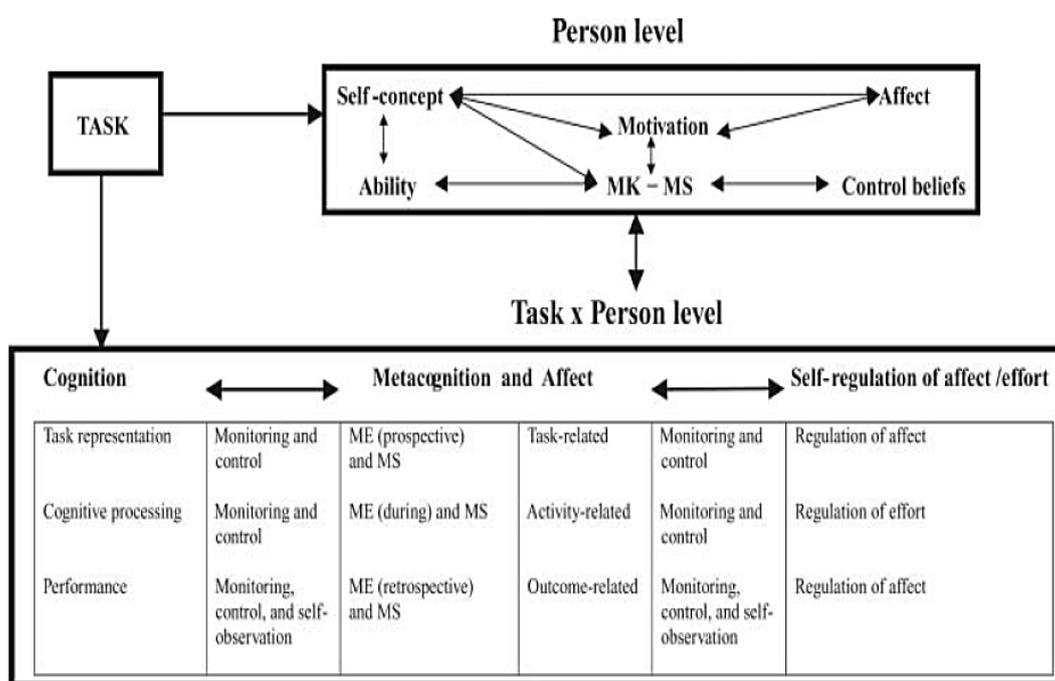


Figure 5. Le Modèle MASRL de Efklides (2011, Figure 1 p. 7).

Notes : ME = Metacognitive Experiences ; MK = Metacognitive Knowledge ; MS = Metacognitive Skills

Comme le suggère Panadero (2017), cette distinction entre macro et micro niveaux est probablement la caractéristique la plus marquante du modèle MASRL. Ces deux niveaux s'influencent mutuellement au fur et à mesure de l'avancée dans la tâche. Le poids des caractéristiques générales de l'individu diminue progressivement, via le monitoring qui permet une augmentation progressive du contrôle. Ce modèle permet ainsi d'expliquer de manière plus précise comment on passe d'un processus à l'autre pendant la réalisation d'une tâche. Les expériences métacognitives, et en particulier les sentiments métacognitifs avec des réactions affectives, sont donc cruciales pour la régulation à court et à long terme de la motivation et de l'apprentissage. Le MASRL permet ainsi d'expliquer que la performance est contrôlée par les connaissances métacognitives d'un apprenant, et par ses interactions avec l'affect et la métacognition au niveau tâche x personne. Les composantes du niveau personne exercent des effets sur les processus au niveau Tâche x Personne, et in fine sur la performance. Les expériences métacognitives peuvent avoir lieu avant/pendant/après une activité cognitive, mais

plus spécifiquement, elles ont surtout lieu dans des conditions qui nécessitent une pensée précise et hautement consciente, comme lors des tâches scolaires ou des situations nouvelles (Flavell, 1979). Comme le suggère Efklides (2006), les expériences métacognitives sont à l'interface entre l'apprenant et la tâche, et elles influencent les processus de contrôle ainsi que les attributions causales de la personne (Metallidou & Efklides, 2001).

En effet, elles offrent un feedback qui permet à l'élève de se juger par rapport à la tâche en cours, en comparant ces expériences avec ce qu'il pense des chances de succès ou d'échecs dans des situations similaires (Berger & Büchel, 2012). Selon Büchel (2013), elles permettent ainsi de relier les cognitions, la motivation et les émotions. Elles jouent donc un rôle central dans le fonctionnement cognitif et dans les capacités d'autorégulation de l'apprentissage, car c'est par leur intermédiaire que l'apprenant peut développer les deux autres composantes de la métacognition : les connaissances métacognitives et les stratégies métacognitives.

Ce Modèle MASRL, bien que récent, est devenu rapidement incontournable. Comme le stipule Panadero (2017) dans son analyse comparée des principaux modèles d'autorégulation, le modèle MASRL permet de distinguer les processus top-down et bottom-up dans l'autorégulation de l'apprentissage, en clarifiant de manière détaillée, à travers l'interaction des niveaux macro et micro, la relation entre métacognition, motivation et affect. Ce modèle met aussi en avant les performances des élèves pendant l'exécution de la tâche, soulignant ainsi la place importante de cette étape où toutes les ressources cognitives – cognitions, concept de soi, affect, volition, motivation, métacognition (connaissances, stratégies et habiletés qui régulent la cognition, l'affect et l'effort) - dirigent l'activité, et où la charge cognitive est donc la plus élevée (Efklides, 2011).

Le MASRL fournit un cadre théorique pour comprendre comment les expériences subjectives (métacognition et affect) poussent l'apprenant à alterner entre processus top-down et processus bottom-up et vice versa. De plus, ce modèle inclut explicitement une perspective développementale. Il permet en effet d'envisager comment l'apprentissage autorégulé s'améliore au cours du développement à travers divers mécanismes. Ainsi, un apprenant progresse en monitoring et en contrôle métacognitifs, avec l'augmentation des connaissances métacognitives et des expériences métacognitives subjectives qui s'accumulent avec l'âge et l'expérience, du fait des confrontations répétées avec la tâche. Comme le souligne Roebbers (2017), avec le temps, l'apprenant améliore son comportement autorégulé en matière de traitement de l'information, grâce aux feedbacks qu'il reçoit de l'environnement, y compris humain (fournis par l'enseignant).

Nous venons de voir que le contrôle et le monitoring d'une activité en cours afin d'atteindre le but visé, qui caractérisent l'autorégulation, sont permis par les fonctions exécutives et la métacognition. Nous avons traité séparément la part respective de ces deux composants essentiels à l'autorégulation de l'apprentissage. Nous allons maintenant nous attacher à expliquer ce qui permet de faire le lien entre elles.

3. Les buts : part commune de l'autorégulation de l'apprentissage, des fonctions exécutives et de la métacognition

Définir un but nécessite une analyse précise de la tâche à effectuer. Ceci exige à la fois une compréhension correcte de la tâche et de ses contraintes, et une évaluation de sa difficulté en fonction des conditions changeantes de l'environnement. La fixation d'un but et son atteinte mobilisent ainsi des connaissances conceptuelles et des habiletés exécutives. C'est ce qui rassemble autorégulation de l'apprentissage, fonctions exécutives, et métacognition. Nous allons présenter plus en détail ces liens et articulations en distinguant la part commune et la part spécifique de chacune.

3.1. Liens entre autorégulation de l'apprentissage et fonctions exécutives

Après avoir exposé la définition des FE, détaillé les trois fonctions fondamentales (mémoire de travail, inhibition et flexibilité cognitive) et présenté le modèle de Miyake faisant référence, nous allons maintenant expliciter les liens entre FE et autorégulation de l'apprentissage. Nous avons vu que les FE facilitent l'adaptation aux situations nouvelles et permettent la régulation intentionnelle de la pensée et de l'action en direction du but visé. On sait aussi que les FE jouent un rôle essentiel dans les apprentissages (Ackerman & Friedman-Krauss, 2017 ; Bierman & Torres, 2016 ; Blair & Razza, 2007 ; Moreno et al., 2017 ; Musso et al., 2019), la régulation du comportement et l'intégration des connaissances sociales (Roy et al., 2012). Ces fonctions assurant le contrôle cognitif sont aussi impliquées dans la mémorisation, la résolution de problèmes et le raisonnement (Chevalier, 2010 ; Clerc et al., 2014 ; Minier et al., 2014 ; Ropovik, 2014 ; Zelazo & Carlson, 2020). Les FE et l'autorégulation des apprentissages partageraient ainsi un cœur conceptuel basé sur les efforts que les individus font pour gérer leurs pensées et leurs actions et pour agir en conséquence pour les contrôler (Effeney et al., 2013).

En 2009, Garner avait déjà révélé des points de chevauchement et de séparation entre les FE et l'autorégulation dans une étude menée auprès d'étudiants. Plus particulièrement, ses résultats montraient que les FE de plus haut niveau - planification, contrôle des impulsions - étaient des prédicteurs significatifs de l'utilisation de stratégies cognitives, métacognitives et de la régulation de l'effort, témoignant ainsi de l'existence de zones de chevauchement évidentes entre FE et autorégulation. Plus récemment, d'autres études ont confirmé le rôle que jouent les FE fondamentales dans l'autorégulation de l'apprentissage. Par exemple, Musso et al. (2019) ont analysé, chez 575 étudiants de première année d'études universitaires, les relations entre la capacité de la MDT, l'attention exécutive et l'autorégulation de l'apprentissage sur les performances en mathématiques. Les résultats confirment le rôle spécifique des capacités de MDT dans les performances mathématiques ainsi que pour s'autoréguler. Les auteurs interprètent cette spécificité par le rôle central que tient la MDT dans plusieurs opérations nécessaires à l'autorégulation. Elle contribue au maintien d'une représentation mentale active des buts et des normes d'autorégulation, et permet aussi d'exercer un contrôle top-down vers les

informations pertinentes concernant le but. Elle permet ainsi de protéger l'atteinte du but visé contre les interférences et les distractions, participant de manière indirecte à la suppression des pensées ou émotions indésirables. Effeney et al. (2013) ont également pu montrer cette relation chez des adolescents âgés de 10 à 17 ans. Ils ont obtenu de fortes corrélations entre les mesures de FE et d'autorégulation, en particulier dans les domaines associés aux processus métacognitifs. Ceci suggère que FE et autorégulation partagent un noyau conceptuel basé sur les efforts que les individus font pour surveiller leurs pensées et leurs actions, et agir en conséquence pour les contrôler. Ils ont également pu mettre en évidence des différences liées à l'âge, avec des corrélations plus faibles entre la régulation comportementale (FE) et l'autorégulation de l'apprentissage chez les plus jeunes (âgés de 10,5 à 12,5 ans) tandis que cette relation se renforce pour les participants âgés de 12,5 à 15,5 ans.

Dans leur revue de la littérature concernant le développement des FE, Ackerman et Friedman-Krauss (2017) rappellent que ces fonctions peuvent aussi s'envisager à travers l'interaction de quatre dimensions : 1) le contrôle attentionnel -permis par la MDT et l'inhibition- qui correspond à la capacité de se concentrer de manière sélective sur une tâche particulière dans un temps donné, tout en se rappelant ou en résistant à ce qu'il ne faut pas faire ; 2) la flexibilité cognitive qui permet de «changer de vitesse», réfléchir sur les erreurs, et utiliser sa MDT pour élaborer des stratégies pour les prochaines étapes ; 3) le traitement de l'information, ou la mesure dans laquelle un individu peut organiser ses pensées et distinguer les bribes d'informations qui peuvent ou non l'aider à accomplir une tâche ; 4) la fixation de buts, définie comme la formulation d'un plan d'étapes séquentielles pour atteindre un but final spécifique. En effet, il a déjà été démontré que les trois FE fondamentales (MDT, inhibition et flexibilité cognitive) partagent des processus communs, dont la gestion des buts (Blaye & Chevalier, 2011 ; Chevalier, 2010 ; Chevalier & Blaye, 2009) qui est présente également dans l'autorégulation. L'identification des buts, et plus largement leur gestion, semble une piste de recherche prometteuse car les conduites qui requièrent les FE sont définies par leur orientation vers l'atteinte de buts spécifiques. La prise en compte de la représentation du but par l'enfant permettrait d'apporter un éclairage nouveau sur le développement du contrôle exécutif et une meilleure compréhension de son implication dans les apprentissages et la réussite scolaire (Chevalier et al., 2014). Les enfants présentant les niveaux de fonctionnement exécutif les plus élevés seraient aussi les plus autorégulés, et en particulier s'adapteraient le mieux aux modifications de l'environnement en changeant efficacement de but si nécessaire.

Les FE sous-tendent ainsi la capacité d'un individu à se fixer des buts et à les poursuivre en coordonnant la pensée et l'action (Hendry et al., 2016). Elles constituent une part importante de l'autorégulation cognitive (Molfese et al., 2010) et peuvent de ce fait, être envisagées comme des précurseurs de l'autorégulation de l'apprentissage (Jacob et al., 2019a ; Montroy et al., 2016). Le lien entre FE et autorégulation a aussi été retrouvé dans des études menées auprès d'enfants,

parfois même très jeunes. Nous nous attarderons plus spécifiquement sur ces études dans le chapitre suivant dédié au développement du contrôle cognitif à la période de l'école maternelle. Enfin, les FE sont certes impliquées dans l'autorégulation, mais celle-ci n'est pas entièrement et exclusivement pilotée par ces fonctions. D'autres variables comme la métacognition peuvent être importantes pour l'autorégulation de l'apprentissage et la fixation du but.

3.2. Liens entre autorégulation de l'apprentissage et métacognition

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 1, l'autorégulation de l'apprentissage implique de s'auto-observer et de développer un regard critique sur son propre fonctionnement, afin de pouvoir émettre un jugement sur le travail accompli. Ainsi, elle repose sur la capacité à évaluer sa propre manière d'apprendre grâce à des connaissances sur ses propres stratégies d'apprentissage. C'est pourquoi la métacognition en est une composante clé, puisqu'elle implique à la fois une prise de conscience du fonctionnement cognitif (par exemple devoir surveiller l'exécution de la tâche ou des stratégies) et une évaluation de ce fonctionnement cognitif (jugement sur l'activité en cours, facilité, niveau de maîtrise, confiance dans les réponses). Dans le cas de la métacognition, la régulation est vue comme une stratégie permettant l'accès et la mobilisation des connaissances. Dans le cas de l'autorégulation, tout apprentissage repose sur le processus d'autorégulation dont les principales phases sont la planification, le monitoring et la restructuration, et l'auto-évaluation (Winne, 2011, 2018). On considère qu'un apprenant autorégulé est un participant actif à son propre apprentissage, et ce, en particulier sur le plan métacognitif (Zimmerman, 2008a). Selon Winne « *au cours des phases de l'autorégulation de l'apprentissage, les apprenants ont la possibilité de surveiller de manière métacognitive les propriétés des informations, les connaissances déclaratives et procédurales, ainsi que leur expérience cognitive* » (2011, p. 21, *notre traduction*). Ainsi, en comparant leurs connaissances et l'application qu'ils en font lors de l'exécution d'une tâche, ils peuvent ajuster leur comportement en modifiant ce qu'ils peuvent faire ensuite : ce qui relève du contrôle métacognitif. Les recherches actuelles portent davantage sur la compréhension des connaissances nécessaires pour atteindre les buts (connaissances sur soi, sur les tâches, sur les stratégies), sur les processus reliés à ces connaissances (métamémoire, métacompréhension) et sur la mobilisation de ces connaissances à travers le recours aux stratégies métacognitives (Noël & Cartier, 2016). La métacognition peut donc être impliquée dans le changement de but d'apprentissage en cours de tâche.

De plus, nous avons déjà évoqué dans le chapitre précédent que de faibles capacités métacognitives pouvaient expliquer l'apparition d'une déficience d'utilisation d'une stratégie (DU : stratégie correctement produite sans le bénéfice escompté). Ceci serait d'autant plus vrai chez le jeune enfant dont les habiletés métacognitives, lentes à se développer (Flavell, 1999), contribueraient au maintien d'une stratégie inefficace. L'apparition d'une DU témoignerait alors d'un manque de connaissances métacognitives (connaissance de la tâche et des stratégies

applicables) et d'un défaut de régulation métacognitive (planification, guidage, contrôle, évaluation : cf. Whitebread et al., 2009) pour sélectionner la bonne stratégie à employer dans son répertoire stratégique et pour la mettre en œuvre. Les efforts pour monitorer les pensées et actions et agir en conséquence, résulteraient d'un cœur conceptuel provenant de la combinaison de la conscience de soi et de l'intention d'agir, reliant ainsi autorégulation, métacognition et FE (Dinsmore et al., 2008 ; Roebers, 2017).

3.3. Liens entre fonctions exécutives et métacognition

Nous venons de voir que FE et métacognition se recoupent assez largement dans la mesure où elles s'envisagent comme des processus permettant le contrôle de l'activité par un fonctionnement flexible et adaptable à la nouveauté ou la difficulté (Roebers, 2017). Cependant, dans la littérature, ces processus de contrôle de haut niveau englobent différents ensembles de sous-processus aux noms bien distincts : mise à jour de la MDT, inhibition et flexibilité pour les FE ; monitoring et contrôle pour la métacognition. Ainsi, comme le souligne Roebers (2017), sur le plan théorique, ces sous-processus sont bien distincts mais la réussite du traitement de l'information dépend de l'orchestration efficace de ces différents éléments. Autrement dit, l'atteinte d'un but dépend du fonctionnement mutuel et des interactions constantes de ces sous-processus relatifs aux FE et la métacognition. Comme le propose Roebers (2017), ces fonctions cognitives de haut niveau contribueraient toutes les deux à poser un cadre unificateur de l'autorégulation cognitive. Cependant, bien que les chercheurs soulignent l'importance d'inclure ces deux concepts dans les études, en particulier chez l'enfant, la recherche n'a jusqu'à présent considéré FE et métacognition que, le plus souvent, de manière séparée (Bryce & Whitebread, 2012 ; Marulis et al., 2019 ; Roebers, 2017 ; Roebers et al., 2012).

Nous avons précisé dans le précédent chapitre que plusieurs études révélaient l'existence de liens entre FE et métacognition (Bryce et al., 2015 ; Follmer & Sperling, 2016). En effet, « *conceptuellement, la métacognition est en liaison étroite avec les fonctions exécutives qui nécessitent la capacité à surveiller (monitoring) et à contrôler le traitement des informations lors d'une action volontaire* » (Pennequin, 2021, p. 66). Plus spécifiquement dans le domaine du développement des stratégies, le phénomène de déficience d'utilisation chez le jeune enfant pouvait s'expliquer par des effets facilitateurs des FE (Clerc et al., 2021 ; Geurten et al., 2016 ; Stone & Blumberg, 2013 ; Stone et al., 2016) ou de la métacognition (Doudin et al., 2001) sur l'utilisation et le transfert de stratégies, mais en s'y intéressant toujours de manière distincte et presque jamais conjointement. Parmi les rares études qui ont investigué ces liens, on peut citer celle de Follmer et Sperling (2016) chez des étudiants. Ils ont montré que les FE (inhibition et flexibilité) prédisaient l'autorégulation de l'apprentissage, et que la métacognition médiatisait cette relation. En 2009 Garner stipulait aussi que, dans un environnement d'apprentissage, les FE ne sont pas synonymes de régulation métacognitive, précisant ainsi le point de séparation entre ces

fonctions. Elle a apporté des preuves de relations modérées entre FE et autorégulation. Les FE prédisaient de manière significative l'utilisation de stratégies métacognitives et contribuaient à expliquer la variabilité des processus d'autorégulation. Enfin, bien que FE et métacognition partagent des similitudes (Pennequin, 2021), une différence théorique permet de les distinguer et précise ainsi leur contribution respective : le rôle du monitoring. En effet, comme le précisent Roebers et Feurer (2016), ces grandes fonctions de contrôle cognitif impliquent une forme de monitoring des erreurs ou des performances, le monitoring ayant pour rôle d'alerter sur la nécessité d'agir et contrôler ce qui se passe. Lyons et Zelazo (2011) suggèrent que le monitoring des FE est plus momentané et moins explicite que celui assuré par la métacognition. Le monitoring fait partie intégrante de la métacognition, mais son rôle au sein des FE n'a pas été étudié directement ou encore trop rarement. Ainsi, il apparaît nécessaire que les travaux futurs distinguent bien, comme le propose Pennequin (2021), les processus de monitoring de ceux de contrôle de la métacognition afin d'éclairer plus finement leur part respective dans les liens qui les unissent aux FE.

Conclusion

Il existe des liens entre les FE et la métacognition, qui contribuent à l'autorégulation de l'apprentissage. Les FE sont constituées par un ensemble de capacités qui permettent le traitement de l'information de manière ciblée et adaptée au contexte, dans des situations nouvelles telles que celles conduisant à devoir changer de but ou transférer des connaissances. La métacognition peut s'envisager comme la connaissance, le suivi et le contrôle de sa cognition. Comme le suggèrent Marulis et al. (2020), le passage d'un état réactif, basé sur des habitudes et des automatismes ou même sur son instinct, à un état proactif, plus réfléchi et adapté, se produit quand les processus métacognitifs permettent des niveaux croissants d'autorégulation. Par ailleurs, FE et métacognition entretiendraient une relation dynamique au cours du développement, relation qui se modifierait avec le temps car ces fonctions de haut niveau subissent toutes des améliorations notables durant l'enfance et particulièrement au cours de la période de l'école maternelle (Roebers 2017). Ceci fait l'objet du chapitre suivant.

RESUME DU CHAPITRE 3

Dans ce chapitre nous avons défini et expliqué le rôle tenu par les FE et la métacognition dans l'autorégulation de l'apprentissage. Les FE regroupent l'ensemble des processus permettant à un individu de réguler de façon intentionnelle sa pensée et ses actions afin d'atteindre des buts. On peut aussi s'y référer sous le terme de contrôle cognitif, qui peut s'envisager différemment selon les auteurs. D'une manière qualitative, représentée par le modèle de Braver qui envisage deux mécanismes de contrôle : l'un réactif et l'autre proactif. D'une manière plus intégrative, représentée par le modèle d'unité/diversité de Miyake et al. (2000) à travers trois fonctions fondamentales dont nous avons précisé les spécificités pour chacune. La MDT correspond à « un système de capacités limitées permettant le stockage temporaire et la manipulation des informations nécessaires à des tâches complexes » (Baddeley 2000, p. 418). Nous avons insisté sur la mise à jour des informations qui s'opère grâce à cette FE. L'inhibition est « un processus qui permet de bloquer ou de supprimer des informations ou des réponses non pertinentes pour le but à atteindre » (Simpson & Riggs, 2007, p. 152). Elle peut se décliner sous différentes formes (comportementale ou conceptuelle) mais rend toujours compte d'un contrôle de l'information à traiter. Enfin, la flexibilité se définit comme la capacité d'adapter nos pensées et nos comportements en réponse aux changements de nos objectifs ou de notre environnement (Blakey et al., 2016). Cette dernière FE fondamentale peut elle aussi se décliner sous plusieurs formes selon un versant conceptuel ou exécutif. Nous avons aussi précisé ce qui rassemble ces fonctions de haut niveau, en particulier la gestion des buts (Blaye & Chevalier, 2011). Elles constitueraient donc une part importante de l'autorégulation cognitive (Molfese et al., 2010).

Nous avons également vu que la métacognition renvoie à l'analyse que le sujet fait de son propre fonctionnement cognitif. Elle se compose de deux composantes principales : l'une déclarative, qui regroupe les métaconnaissances {ce que je sais} ; l'autre procédurale, qui renvoie aux compétences métacognitives {stratégies} qui permettent la régulation et le contrôle de la cognition. Le modèle MASRL proposé récemment par Efklides permet de distinguer les processus top-down et bottom-up dans l'autorégulation de l'apprentissage, en clarifiant de manière détaillée, à travers l'interaction des niveaux macro et micro, la relation entre métacognition, motivation et affect. Cela en fait un modèle intéressant qui accorde une place déterminante aux expériences métacognitives, troisième composant de la métacognition. Les expériences métacognitives correspondent à une sorte de conscience connectée de l'apprenant avec la tâche en cours, et contribuent au développement des deux autres composants. Nous avons montré que la métacognition peut aussi être impliquée dans la fixation ou le changement de but en cours de tâche puisque cela nécessite de mobiliser les connaissances et compétences métacognitives. Les buts constituent un ensemble de normes que les apprenants utilisent pour « suivre » de manière métacognitive les progrès accomplis au cours de leur travail, et modifier leurs actions pour les ajuster aux demandes de la tâche (Efklides, 2011, 2014 ; Winne, 2018).

Enfin, nous avons montré que les buts constituent ainsi la part commune entre autorégulation, FE et métacognition. Il existe des liens entre FE et métacognition, deux fonctions de haut niveau indispensables et nécessaires pour s'autoréguler et contrôler son apprentissage et nous les envisageons donc comme des précurseurs de l'autorégulation.

CHAPITRE 4 : CONTRAINTES DEVELOPPEMENTALES DU CONTRÔLE COGNITIF CHEZ LE JEUNE ENFANT

Nous venons d'expliquer les liens que l'autorégulation entretient avec les fonctions exécutives (FE) et la métacognition, deux composants nécessaires pour s'autoréguler et contrôler son comportement. Les FE sont constituées par un ensemble de capacités qui permettent le traitement de l'information de manière ciblée et adaptée au contexte pour atteindre un but. La métacognition correspond à la connaissance, le suivi et le contrôle de sa cognition permettant aussi d'atteindre un but. De plus, bien qu'étant au cœur des préoccupations actuelles en psychologie du développement (Marulis et al., 2016, 2020 ; Roebbers, 2017), ces compétences ont tendance à être sous-estimées chez les jeunes enfants (Perry & Winne, 2006 ; Whitebread, et al., 2007, 2009, 2012). C'est pourquoi, dans ce dernier chapitre introductif, nous nous attarderons sur les questions liées au développement de ces fonctions et aux répercussions sur l'autorégulation chez le jeune enfant.

Dans une première partie, nous présenterons les caractéristiques du développement du contrôle cognitif. Après avoir précisé les différentes approches conduisant à la modélisation des FE, nous envisagerons ensuite ce développement à travers une vision d'abord qualitative puis une vision plus quantitative et nous terminerons par la présentation du modèle de référence dans ce domaine : celui de Diamond. Nous nous intéresserons ensuite plus spécifiquement à la flexibilité et à l'un de ses outils de mesure : le DCCS. Nous pourrions ainsi exposer les différentes théories associées à l'échec à cette épreuve, qui rendent compte du développement de la flexibilité. La troisième partie sera constituée par la présentation des caractéristiques du développement de la métacognition (connaissances et compétences métacognitives). Nous présenterons aussi quelques outils permettant de la mesurer chez le jeune enfant (CHILD ; McKI) et les principaux facteurs qui soutiennent ce développement. Enfin, nous terminerons ce chapitre en focalisant sur la période de la maternelle pour mettre en perspective les implications liées à cette phase particulière du développement.

1. Le développement du contrôle cognitif

1.1. Conceptualisation et principales approches méthodologiques

Le développement des FE continue d'alimenter les débats car leurs composantes ne font pas encore consensus, particulièrement chez les enfants préscolaires (Duval et al., 2018 ; Moreno et al., 2017 ; Zelazo et al., 2016). Comme le rappelle Roy (2015), il existe plusieurs propositions théoriques spécifiques à l'enfant mais qui sont insuffisamment étayées, imprécises voire controversées. De plus, on manque d'études longitudinales sur les FE en général (Diamond, 2013 ; Zelazo et al., 2016) afin de déterminer quels sont les liens entre MDT, inhibition et flexibilité. Le statut et la structure des FE chez le jeune enfant restent ainsi un des sujets d'intérêt

majeur tant dans la recherche expérimentale (Ackerman & Friedman- Kross, 2017 ; Brydges et al., 2014 ; Doebel et al., 2018 ; Gonthier et al., 2019 ; Knapp & Morton, 2017 ; Linares et al., 2019 ; Pelgrina et al., 2020 ; Simpson & Carroll, 2018 ; Thaqi & Roebers, 2020) que sur le terrain clinique (Er-Rafiqi et al., 2017 ; Fournerey & Des Portes, 2017 ; Johnston et al., 2019 ; Sjöwall & Thorell, 2019 ; Vaidya et al., 2020 ; Zelazo, 2020) ou dans le monde éducatif (Ahmed et al., 2019 ; Duval et al., 2018 ; Howard & Vasseleu, 2020 ; Kubota et al., 2020 ; Maintenant et al., 2020 ; McCoy, 2019 ; Moreno et al., 2017 ; Scionti et al., 2020 ; Zelazo & Carlson, 2020). On distingue différentes visions du développement des FE. Celles-ci dépendent en partie du type d'analyses effectuées sur les données, selon qu'il s'agit d'analyses factorielles, de modèles en variables latentes, ou d'analyses en composantes principales (Camerota et al., 2020).

Il existe des outils divers et variés pour mesurer ces fonctions complexes et on leur reconnaît souvent un problème d'impureté de la tâche (Blair, 2016 ; Monette et al., 2015 ; Wiebe et al., 2011 ; Willoughby et al., 2016 ; Zelazo et al., 2016). Ces outils mesurent souvent plusieurs fonctions en même temps et pas seulement celle visée. D'autres auteurs pointent aussi un problème de validité écologique (McCoy, 2019). Pour donner un rapide aperçu, dans leur revue de littérature, Monette et Bigras (2008) ont répertorié pas moins d'une soixantaine de tests dédiés aux FE pour les enfants d'âge préscolaire et Anderson et Reidy (2012) en ont eux, recensé 24. Il faut donc pouvoir s'y retrouver. De plus, certaines épreuves permettent difficilement d'évaluer les variabilités inter et intra individuelles (Chevalier, 2010 ; Roy et al., 2012 ; Wiebe et al., 2011).

Ainsi, dans la littérature, selon les approches méthodologiques et outils choisis, deux points de vue s'affrontent au sujet du développement des capacités de contrôle cognitif. D'un côté, on peut l'envisager de manière continue et unitaire. Cette vision plus qualitative permet de prendre davantage en compte la façon dont ce contrôle est mis en place et renvoie à la variabilité qui s'opère avec l'apparition d'un changement de stratégie de contrôle (Fitamen et al., 2019 ; Kubota et al., 2020 ; Lucenet & Blaye 2014 ; Munakata, et al., 2012 ; Thaqi & Roebers, 2020). Dans cette perspective, nous pouvons nous appuyer sur le modèle proposé par Braver (2012) présenté dans le chapitre 2. De l'autre côté, on peut aussi envisager ce développement comme reposant sur des processus exécutifs distincts, autonomes mais qui interagissent et qui auraient des trajectoires développementales différentes. Cette vision permet de considérer le développement du contrôle cognitif de manière plus quantitative à travers l'augmentation ou les progrès de chaque FE par lesquelles ce contrôle s'exerce (Ackerman & Friedman-Krauss, 2017 ; Diamond, 2016 ; Garon et al., 2008 ; Gonthier et al., 2019 ; Simpson & Carroll, 2019 ; Tiego et al., 2018). Dans cette perspective, nous nous attarderons plus particulièrement sur le modèle proposé par Diamond.

1.2. Une vision qualitative : le passage d'un mode réactif à un mode proactif

L'un des points centraux du modèle DMC de Braver est d'offrir un cadre unificateur. Il permet de rendre compte de la variabilité dans le développement du contrôle cognitif de manière plus qualitative, et à travers trois sources de variations possibles : intraindividuelle (liée à la tâche ou l'état), interindividuelle (liée aux traits) ainsi qu'inter-groupe (liée aux changements dans la fonction ou l'intégrité cérébrale dans différentes populations). En grandissant, les enfants ont tendance à mieux réguler leur comportement dans des situations complexes (Diamond, 2013 ; Thaqi & Roebers, 2020). Cette amélioration du contrôle cognitif est souvent interprétée comme le passage du mode de contrôle réactif au mode proactif. Cependant, comme le soulignent Gonthier et al. (2019), trois problèmes se posent avec cette interprétation. En effet, jusqu'à très récemment, aucune preuve tangible de la dépendance des jeunes enfants au contrôle réactif n'avait été apportée, ni aucune indication sur la tranche d'âge précise qui serait concernée et les raisons de ce changement. Actuellement, les études sur le contrôle cognitif cherchent donc à combler ces manques.

En 2012, Munakata et al. exposaient déjà trois transitions du développement du contrôle cognitif: 1) la capacité à dépasser les habitudes se développe de manière croissante et en réponse aux signaux de l'environnement, 2) les enfants passent du mode réactif, dépendant des besoins de la situation, au mode proactif, en anticipant ces besoins à travers une forme de contrôle réactif qualitativement différent, qui résulterait de changements progressifs dans la capacité à maintenir de manière robuste et active des informations abstraites en MDT (Morton & Munakata, 2002), 3) le contrôle cognitif devient de plus en plus autonome en perdant la dépendance aux signaux environnementaux, passant ainsi d'un contrôle exogène à un contrôle endogène. Cette transition du contrôle exogène au contrôle endogène s'expliquerait par la capacité de l'enfant à passer progressivement de buts concrets à des buts de plus en plus abstraits et plus robustes face à la distraction. Ainsi, « *[les représentations du but] de plus en plus actives et abstraites permettent ainsi de répondre avec souplesse à de nouvelles situations, d'engager le contrôle cognitif de manière préparatoire plutôt que seulement sur le moment, et d'engager le contrôle cognitif sur la base de notre évaluation du besoin plutôt que d'exiger des signaux de l'environnement* » (Munakata et al., 2012, p. 75, *notre traduction*).

Gonthier et al. (2019) ont montré que le contrôle cognitif passe progressivement d'un mode réactif -avant 5 ans- à un mode proactif avec l'âge. L'explication de ce changement serait liée à l'augmentation de la capacité en MDT en grandissant, la MDT permettant un maintien actif de buts abstraits et robustes, et in fine un contrôle de type top-down (Munakata et al., 2012). Par ailleurs, la flexibilité pourrait aussi avoir des liens avec ce changement de mode de contrôle (Blaye, 2021). En effet, il a été montré que des enfants de maternelle avec de faibles capacités de flexibilité dépendent de leurs capacités de MDT pour maintenir les buts (phénomène de négligence du but : Marcovitch et al., 2007, 2010) et pour surveiller les indices contextuels

justifiant de changer de buts (Blaye & Chevalier 2011 ; Chevalier & Blaye, 2008 ; pour une synthèse récente voir aussi Blaye, 2021).

À l'aide d'une tâche de flexibilité comprenant des indices à la fois sur le but de la tâche et aussi sur le changement de règles, Chevalier et al. (2013) ont montré une différence entre des enfants de 5 ans et des enfants de 10 ans dans la représentation des buts et les stratégies de maintien du but. Les indices utilisés pour guider la réalisation de la tâche, en signalant le but ou la transition (changement de règle), sont utiles aux enfants de 5 ans et néfastes aux enfants de 10 ans. Ces résultats suggèrent que les deux groupes d'âge ont utilisé des stratégies différentes dans le traitement des indices de la tâche, et donc, dans la représentation des buts.

Lucenet et Blaye (2014) ont cherché à comprendre la nature de ces changements, afin de rendre compte du développement de la capacité des enfants à activer et à maintenir des représentations de buts. Elles ont testé, chez des enfants de 5 et 6 ans, la présence d'un décalage entre les deux modes de contrôle, témoignant d'une manière différente de récupérer et de maintenir les informations sur les buts de la tâche en MDT. Elles ont utilisé une version adaptée de la tâche AX-Continuous-Performance (AX-CPT) en faisant varier la charge en MDT de faible à élevée. Dans la version classique, cette tâche informatisée se présente comme une série de courses entre deux animaux (indice A et cible X). Les enfants sont invités à appuyer sur le bouton de réponse vert lorsqu'ils ont vu une poule (A) suivie d'un chat (X) et à appuyer sur le bouton de réponse rouge dans tous les autres cas. Leurs résultats montrent que le développement du contrôle cognitif se caractérise par le passage d'un contrôle réactif à un contrôle proactif chez le groupe des enfants de 5 ans. Des changements graduels, plus progressifs ont aussi été trouvés chez les deux groupes d'enfants (5 et 6 ans) ce qui témoigne d'une efficacité croissante du contrôle proactif avec l'âge.

En 2014, Blackwell et Munakata ont montré dans deux expériences avec des enfants de 6 ans que la transition développementale entre contrôle réactif et contrôle proactif est associée à des avantages en termes de préparation, mais aussi à des coûts consécutifs à la réaction à des situations exigeantes. Ils ont utilisé le test de tri de cartes à 3 dimensions (3DCCS, Deák, 2003) qui permet de rendre compte du contrôle proactif via l'évaluation des capacités de *switching*. Cette tâche du 3DCCS nécessite que l'enfant opère des permutations au fil de la tâche puisqu'il doit trier des cartes d'abord selon un premier critère (la forme) puis en fonction d'un deuxième critère (couleur) et enfin selon le dernier critère (la taille). Leurs résultats montrent que les enfants les plus flexibles font preuve d'une meilleure préparation à la tâche que les enfants les moins flexibles. Cependant, en présence de distractions, c'est le profil inverse qui se produit. Lorsque les enfants commencent à conserver de manière proactive les informations en prévision de leur utilisation, ils peuvent être mieux préparés au moment de les utiliser, par rapport aux enfants qui codent les informations et les récupèrent de manière réactive lorsque cela leur est demandé. Cependant, ce mode de contrôle proactif affecte fortement leurs capacités lorsque les ressources

sont limitées, le rendant alors moins efficace. Concernant l'utilisation de stratégies proactives, les résultats de leur première étude montrent que les enfants aux profils les plus flexibles les utilisaient de manière visible sur la tâche et légèrement plus que les enfants les moins flexibles. Cette différence n'était pas retrouvée dans la seconde étude, où la tâche était plus exigeante. Le contrôle proactif permet donc une meilleure préparation que le contrôle réactif mais il est également plus exigeant en termes de ressources, reposant sur un maintien efficace des informations en MDT (Braver, 2012). Par conséquent, le contrôle réactif peut être plus adaptatif lorsque les ressources sont limitées et les enfants qui ne sont pas passés au contrôle proactif peuvent mieux réussir dans ces circonstances (Munakata et al., 2012).

Enfin, comme le soulignent Thaqi & Roebers (2020), avec le développement, des changements qualitatifs dans le contrôle proactif apparaissent et permettent aux enfants d'être à la fois rapides et précis dans leurs réponses, tout en étant capables de réagir si besoin sans pour autant augmenter leurs erreurs. Ces auteures se sont intéressées à la tranche d'âge 10-14 ans dans le contexte d'une tâche à essais multiples. Elles ont relevé les effets séquentiels et les temps de réponse avant, pendant et après les réponses erronées. Elles ont montré qu'en grandissant, les adolescents ont un meilleur contrôle cognitif global, c'est-à-dire qu'ils sont plus fiables, plus ajustés et donc plus efficaces dans leurs réponses. Ils parviennent à une coordination de plus en plus équilibrée entre les modes de contrôle proactif et réactif, traduisant des améliorations développementales de la capacité à moduler de manière flexible les processus de contrôle cognitif. Pour conclure, on peut donc dire qu'avec l'âge, entre la période de la maternelle et l'âge scolaire, les changements qualitatifs dans les modes de contrôle favoriseraient le développement de la flexibilité cognitive (Chevalier et al., 2011, 2013). C'est cet aspect qui se retrouve au cœur de la seconde vision du développement du contrôle cognitif.

1.3. Une vision quantitative : les caractéristiques du développement des FE

S'il est admis que le développement des FE est un processus lent et précoce (Fuhs & Day, 2011 ; Moriguchi et al., 2016 ; Wiebe et al., 2008) lié à la maturation du cortex préfrontal (Garon et al., 2008 ; Knapp & Morton, 2017 ; Wiebe et al., 2011 ; Zelazo & Carlson, 2020), il donne lieu à différents calendriers développementaux qu'il reste à déterminer (Diamond, 2013 ; Er-Rafiqi et al., 2017 ; Fournier & Des Portes, 2017 ; Gonthier et al., 2019 ; Thaqi & Roebers, 2020). En effet, s'appuyant souvent sur une transposition d'un cadre théorique concernant initialement les adultes, les résultats des recherches sur les FE chez l'enfant doivent être interprétés avec prudence (Duval et al., 2018 ; Zelazo et al., 2016). Malgré les controverses, les travaux des trente dernières années ont permis de dégager des temps forts du développement des FE et d'apporter un éclairage sur le développement spécifique de chacune d'entre elles et de leurs articulations (Hendry et al., 2016 ; Thompson & Steinbeis, 2020).

Certains envisagent le développement des FE de façon unitaire, comme une capacité généralisée témoignant du contrôle exécutif qui s'applique dans différents contextes ou tâches

(Fuhs et al., 2013 ; Wiebe et al., 2011 ; Zelazo & Frye, 1998). Les composantes associées aux FE seraient ainsi relativement indifférenciées en début de vie et ce, jusqu'aux environs de 3 ans (Diamond, 2013 ; Roebbers, 2017). En revanche, s'appuyant sur l'élan impulsé par les travaux de Miyake et al. (2000), d'autres chercheurs ont proposé de transposer cette vision chez l'enfant, dès la période préscolaire. Tout comme chez l'adulte, les trois principales composantes des FE (MDT, inhibition, flexibilité cognitive) partageraient des caractéristiques communes (unité) tout en gardant une part d'indépendance et de diversité, et elles auraient chacune des trajectoires développementales qui leur seraient propres (Best & Miller, 2010 ; Best et al., 2009 ; Garon et al., 2008 ; Hendry et al., 2016 ; Monette et al., 2015). Ainsi, selon l'âge de l'enfant, on observe des variations du degré d'indépendance des FE, qui reflètent une structure de plus en plus intégrative et différenciée avec le temps (Best & Miller, 2010 ; Lee et al., 2013).

Le contrôle cognitif à la période de l'école maternelle peut être plutôt considéré comme un concept global unique qui fonctionne différemment selon les demandes cognitives d'une tâche ou la spécificité du contexte (Ackerman & Friedman-Krauss, 2017 ; Chevalier et al., 2013 ; Fuhs et al., 2013 ; Willoughby & Blair, 2016). Wiebe et al. (2008) ont administré des épreuves d'inhibition et de MDT à des enfants âgés de 2 à 6 ans. La comparaison des performances des enfants, répartis en deux groupes d'âge (2-3 ans vs 4-6 ans,) n'a donné aucune différence structurelle dans le fonctionnement exécutif entre ces deux groupes. Autrement dit, le modèle unitaire rendait compte des données des plus jeunes enfants aussi bien que de celles des plus âgés. Parmi les études de grande ampleur, nous pouvons également faire mention de celle menée par Willoughby et Blair (2016) connue sous le nom '*The Family Life Project Investigators*'. Cette étude longitudinale a été menée auprès de 1292 enfants dont les familles, issues de régions avec un fort taux de pauvreté, étaient recrutées à la naissance de l'enfant. Cette étude a permis de tester les performances des enfants à des tâches de FE à trois reprises : aux 3, 4 et 5 ans des enfants. Le but était de voir dans quelle mesure les performances aux épreuves de FE pouvaient prédire les capacités intellectuelles (à l'âge de 3 ans), l'apparition de symptômes du trouble d'hyperactivité avec déficit de l'attention (aux âges de 3 et de 5 ans) et la réussite scolaire. Les résultats ont indiqué que les FE étaient mieux représentées par un modèle unitaire.

Cependant, certaines recherches suggèrent que les FE à la maternelle émergent séparément, et que chaque fonction peut suivre une trajectoire développementale qui lui est propre (Ackerman & Friedman-Krauss, 2017 ; Camerota et al., 2020). Il semble que jusqu'à l'âge de trois ans, il est préférable d'envisager les FE comme une structure globale avec une seule variable latente (Wiebe et al., 2008, 2011) et que les enfants de cet âge se distinguent des enfants de 4 et 5 ans (Willoughby et al., 2012 ; Zelazo & Müller, 2002). Entre 4 et 5 ans, les FE seraient formées par une structure composée de deux composants : l'inhibition, d'une part et une combinaison de la MDT et de la flexibilité cognitive d'autre part (Lee et al., 2013 ; Monette et al., 2015). Selon Best et Miller (2010), l'inhibition se développerait plus rapidement pendant les

années préscolaires (3-6 ans), tandis que la MDT et la flexibilité mentale évolueraient de manière linéaire et progressive tout au long de l'enfance. D'autres encore (Miller et al., 2012) envisagent que ce soit la MDT qui se distingue d'une part, et on trouverait une combinaison de l'inhibition et de la flexibilité de l'autre. Ainsi, malgré la présence d'un débat permanent concernant la nature globale ou différenciées des composantes liées aux FE et particulièrement durant la petite enfance, les preuves s'accumulent petit à petit quant à la co-existence des trois fonctions fondamentales –MDT, inhibition, flexibilité- à la période de la maternelle et en particulièrement en contexte scolaire (Duval et al., 2018 ; Moreno et al., 2016). C'est pourquoi, d'autres envisagent plutôt une combinaison des deux précédentes hypothèses (Kim et al., 2011), en considérant le développement des FE dans une perspective de développement hiérarchique où les trois composantes sont indépendantes mais le développement de chacune est lié à celui des autres (Johansson et al., 2015). Ainsi, s'appuyant initialement sur les travaux supportant une vision d'un modèle des FE à deux composantes, Johansson et al. (2015) ont proposé que les différentes composantes des FE s'améliorent graduellement avec l'âge et se complexifient.

Pour résumer, ces diverses conceptualisations des FE soutiennent l'idée que la structure des FE évolue avec l'âge. Ainsi, selon Johansson et al. (2015) on peut distinguer plusieurs étapes dans le développement des FE : durant la prime enfance (0-3 ans) elles se fonderaient dans une structure unitaire qui se décomposerait ensuite vers 3 ou 4 ans en deux composantes distinctes. Ce ne serait que plus tard qu'on distinguerait clairement les trois composantes. Ainsi, le développement de chacune des trois FE fondamentales est lié à celui des deux autres (Garon et al., 2008, 2014). Cette vision est compatible avec l'hypothèse d'un développement des FE progressif et linéaire pour tous dont Diamond a cherché à rendre compte dans son modèle.

1.4. Le modèle de développement des FE de Diamond (2013, 2016)

Le modèle intégratif des FE à composantes multiples de Diamond (2013, 2016) est le modèle le plus centré sur les trois processus exécutifs classiquement distingués chez l'enfant. Ce modèle propose une structure hiérarchisée spécifique au développement des FE, qui seraient organisées en modules interdépendants et interactifs sur la base des données empiriques et des principes néo-piagétiens (Figure 6). Diamond considère le développement des FE comme un processus précoce, prolongé et différencié selon l'âge des enfants, donnant lieu à différents calendriers développementaux (Er-Rafiqi et al., 2017). Dans cette vision dynamique, l'efficacité du fonctionnement cognitif provient de l'interdépendance des trois fonctions fondamentales. A l'instar du modèle de Miyake conçu pour rendre compte du fonctionnement exécutif chez l'adulte, dans ce modèle spécifique à l'enfant, chaque fonction peut aussi être considérée indépendamment (Diversité).

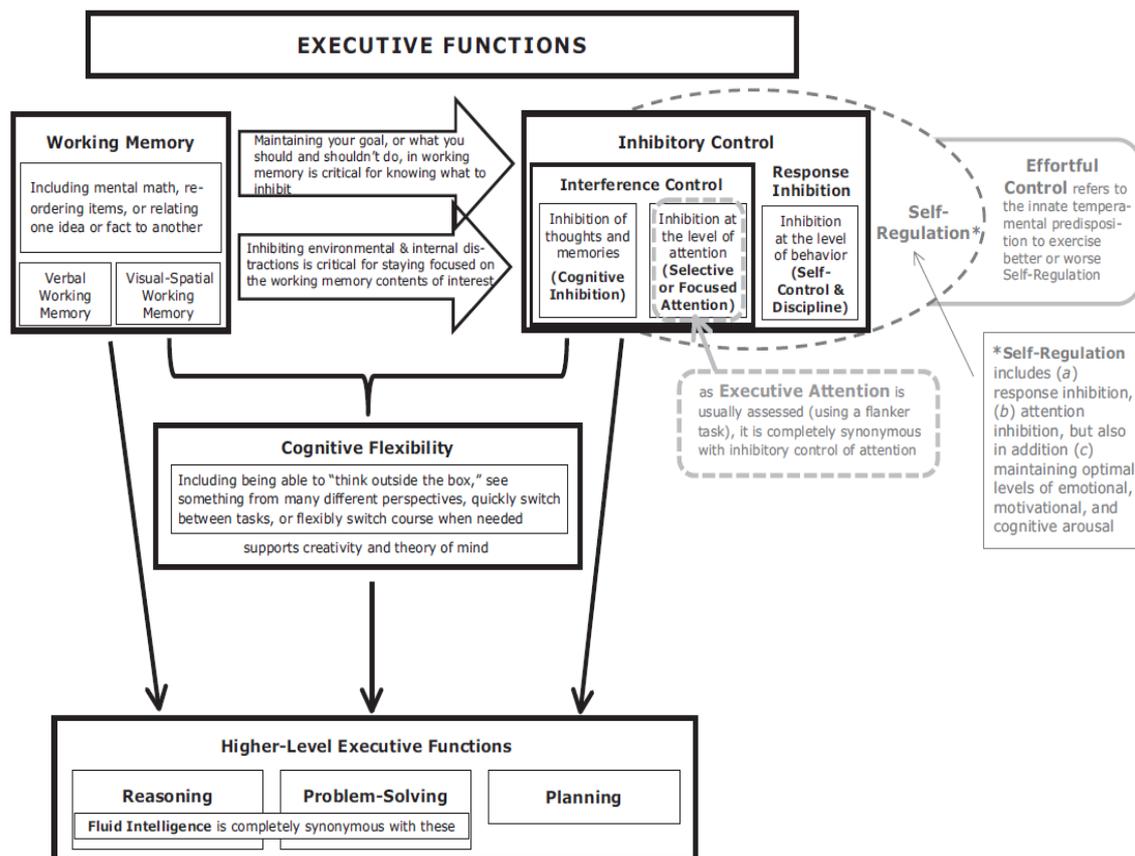


Figure 6. Le modèle intégratif des FE à composantes multiples de Diamond (2013, p. 152).

Concernant la MDT, il apparaît que ses capacités se développent régulièrement tout au long de l'enfance et de l'adolescence (Best & Miller, 2010 ; Best et al., 2014 ; Lee et al., 2013 ; Linares et al., 2016 ; Pelegrina et al., 2020), mais des prémices existent dès les premiers mois de la vie (Hendry et al., 2016). En effet, bien que l'on puisse regretter le manque d'épreuves adaptées pour les tout jeunes enfants, plusieurs études se sont penchées sur le sujet et ont pu montrer qu'il existe des manifestations précoces de la MDT dès l'âge de 6 mois grâce à des paradigmes de préférence visuelle (Buss et al., 2018 ; Reznick et al., 2004). Les différents composants de la MDT peuvent également être distingués au cours du développement. Ainsi, la capacité de mettre à jour les informations se développe rapidement tout au long de l'enfance jusqu'à l'âge adulte et contribue aux différences liées à l'âge dans les différentes performances de la MDT (Linares et al., 2016 ; Pelegrina et al., 2020).

Deux pics de progression ont été plus particulièrement identifiés : le premier entre 3 à 5 ans (Boudreau et al., 2018), le second entre 5 à 11 ans (Camos & Barrouillet, 2014 ; Gonthier et al., 2019 ; Linares et al., 2016). Ensuite, la capacité de maintien de l'information suit également cette progression avec un passage remarqué vers 7 ans où les enfants sont alors capables de maintenir actives les informations pertinentes en MDT grâce à un traitement stratégique (rafraîchissement et répétition) et les améliorations se poursuivent avec l'âge (Barrouillet et al.,

2008 ; Diamond, 2013). Toutefois, on peut aussi relever de grandes différences selon la complexité de la tâche (charge cognitive) et de la méthode d'évaluation (Best et al., 2009). Le développement de la MDT est ainsi le résultat de l'effet conjoint de plusieurs facteurs. Tout d'abord, on reconnaît depuis longtemps l'influence de l'augmentation de l'efficacité du traitement de l'information avec l'âge (Case, 1985 ; cité par Camos & Barrouillet, 2014). Plus récemment, à travers leur modèle de partage temporel des ressources (*the Time-Based Resource Sharing model*, 'TBRS' ; Barrouillet et al., 2004), Camos et Barrouillet (2014) ont proposé trois autres facteurs qui sous-tendent les changements développementaux de la MDT : 1) l'accroissement de la quantité d'attention disponible avec l'âge qui joue sur la charge cognitive induite par la réalisation du traitement et du maintien de l'information, 2) l'efficacité du mécanisme d'alternance attentionnelle entre traitement et stockage qui détermine la quantité d'information qui peut être réactivée dans une période de temps donnée, et 3) le phénomène de déclin temporel des traces mnésiques, témoin d'une dégradation des performances de rappel liée au temps (Cowan et al., 2000 ; Towse & Hitch, 1995 ; cités par Camos & Barrouillet, 2014). Ainsi, de manière globale, on peut retenir que la trajectoire développementale de la MDT, qu'elle soit envisagée à travers sa capacité de mise à jour ou à travers sa capacité de maintien d'une information, est relativement continue durant l'enfance et ce, jusqu'à l'âge adulte.

Concernant l'inhibition, elle commence à se développer dès les premiers mois de la vie, comme en témoignent les performances des bébés dans la tâche A-non-B initialement conçue par Piaget pour étudier l'acquisition du concept de permanence de l'objet. Avant 18 mois, l'inhibition prendrait plutôt une forme primitive concernant davantage l'orientation attentionnelle ou le contrôle attentionnel (Hendry et al., 2016). Chez le nourrisson, la nouveauté des objets ou des événements influence l'attention : ils sont comme happés par celle-ci et peuvent avoir des difficultés à se désengager des stimuli très nouveaux ou saillants. Ainsi, comme le rapportent Hendry et al. (2016), l'une des premières formes de contrôle attentionnel apparaît lorsque le bébé, vers 4 mois, parvient à se détacher volontairement de cette absorption par la nouveauté en devenant capable de déplacer son focus attentionnel. Ce serait vers 3-4 ans qu'une complexification des processus inhibiteurs apparaîtrait, permettant un fonctionnement cognitif et métacognitif plus élaboré. Les capacités liées à l'inhibition continuent de progresser de manière graduelle jusqu'à l'âge de 5 ans (Garon et al., 2008, 2014) comme le montrent les réactions des enfants face à l'épreuve du Chamallow (Mischel et al., 1972). Dans cette tâche dite de délai gratifié, les enfants arrivent progressivement à différer la prise d'une récompense (le chamallow) afin d'en recevoir une plus importante ultérieurement (deux chamallows, cf. Carlson, 2005). Ce développement se poursuivrait avec une complexification marquée entre 5 et 8 ans, bien qu'il soit moins fort pendant la période scolaire (Best et al., 2009). Tout comme la MDT, le développement de l'inhibition continue, plus lentement, jusqu'à l'adolescence (Diamond, 2013).

Enfin, tout comme les deux autres FE, la flexibilité cognitive connaît d'importants progrès durant la période préscolaire et plus particulièrement entre 3 et 4 ans (Chevalier & Blaye, 2006). Elle se développerait sous l'influence du développement de la MDT (pouvoir activer une représentation précédemment ignorée) et du contrôle inhibiteur. Blakey et al. (2016) ont confronté 120 enfants âgés de 2 à 4 ans à deux tâches de changement de règles : l'une contenait des informations contradictoires (condition conflit) et l'autre contenait des informations distrayantes (condition distraction). Les résultats ont permis une description plus fine du développement de la flexibilité en précisant les apports spécifiques des deux autres FE. Ainsi, les exigences de la tâche sont essentielles puisqu'il apparaît que le *switching* en présence de distraction, se développe de manière significative entre 2 et 3 ans et est associé à un meilleur contrôle inhibiteur, ce dernier aidant les enfants à filtrer les informations non pertinentes lors du *switching*. La MDT serait, elle, déterminante pour le *switching* en présence de conflit, puisqu'il s'améliore rapidement entre 3 et 3,5 ans. Ceci correspond à une situation où les enfants ont tendance, non pas à persévérer dans une réponse donnée, mais plutôt à obtenir des performances plus mitigées, ce qui témoigne d'une difficulté à maintenir la règle de la tâche en MDT lors de la mise à jour du comportement. Plus largement, ces résultats montrent aussi que des enfants d'âge préscolaire peuvent être distraits par des informations sans rapport avec la tâche lors d'un changement de règles, et ce, même lorsqu'un conflit de réponse est totalement absent.

Le modèle de Diamond permet d'envisager les liens qui unissent les trois FE principales, et rend compte d'une complexification graduelle. Le contrôle inhibiteur et la MDT sont considérés comme les précurseurs du développement ultérieur de la flexibilité cognitive, puis des FE de plus haut niveau comme le raisonnement, la planification et la résolution de problème. Le développement de la planification serait quant à lui tributaire du socle formé par la MDT, l'inhibition et la flexibilité d'où une émergence plus tardive. Des liens avec l'intelligence fluide et l'autorégulation peuvent également être envisagés. Toutefois, ce modèle ne rend pas compte du poids possible des effets de l'environnement ou de la culture sur le développement des FE, ce qui peut poser question.

1.5. Les facteurs qui influencent le développement des FE

On reconnaît actuellement l'influence potentielle que peuvent avoir certains facteurs environnementaux, sociodémographiques et culturels sur le développement des FE (Diamond, 2013 ; Er-Rafiqi et al., 2017 ; Fournieret & Des Portes, 2017 ; Ursache et al., 2016). Différents facteurs ont ainsi été répertoriés encore récemment, dont trois grandes catégories peuvent être distinguées (Ackerman & Friedman-Krauss, 2017 ; Duval et al., 2017) :

- *ceux liés à l'enfant*. On y retrouve entre autres la maturation cérébrale, la part génétique et biologique, l'hérédité, le genre.
- *ceux associés à la famille*, comme le statut socioéconomique, la qualité des pratiques parentales ou de l'attachement, l'étayage maternel.

- *ceux reliés au milieu éducatif*, avec la mise en place de programmes spécifiques, l'influence du climat de classe ou de l'enseignant lui-même. Ces facteurs comprennent aussi l'influence que peut avoir l'organisation de la classe ou le soutien à l'apprentissage.

Parmi les principaux facteurs d'influence, on peut aussi citer le langage. En effet, le développement du langage semble déterminant (Carlson et al., 2013 ; Zelazo, 2015). Les enfants dont les capacités langagières sont plus avancées présentent généralement un avantage en ce qui concerne les FE (Chevalier, 2010). Cela renvoie aussi aux variables socio-économiques (Blair & Diamond, 2008 ; Diamond, 2013 ; Raver et al., 2011 ; Ursache et al., 2016) puisqu'il est possible que le statut socio-économique influence les compétences langagières qui, à leur tour, médiatisent l'efficacité des FE. Il semble cependant que des programmes d'entraînement spécifiques puissent compenser les désavantages liés au milieu socioéconomique peu élevé. En effet, Diamond et al. (2007) ont proposé à des enfants préscolaires avec de faibles capacités de FE un programme visant l'amélioration des FE. Ce programme utilise des activités diverses et variées, comme s'entraîner à verbaliser ce qui est à faire ou utiliser des stratégies pour guider et maintenir l'attention. Les résultats après un an ont montré un effet bénéfique pour ces enfants dits vulnérables. Une revue détaillée des interventions efficaces pour améliorer les FE a été réalisée (Diamond, & Lee, 2011). Ainsi, un autre courant de recherche prend de l'ampleur ces dernières années concernant spécifiquement l'entraînement des FE.

En guise d'illustration, citons le travail de Barrow et al. (2015) qui ont testé les effets d'une intervention basée sur des jeux cognitifs avec des règles de plus en plus difficiles, sur les FE d'enfants de 4-5 ans inscrits dans un programme préscolaire thérapeutique. Les résultats ont montré que la pratique de ces jeux a permis d'améliorer la flexibilité cognitive (évaluée par le DCCS) mais elle n'a pas affecté l'attention sélective ni l'inhibition de la réponse. Dans la même lignée, Buttelmann et Karbach (2017) se sont intéressés à l'évaluation d'interventions conçues pour améliorer plus spécifiquement la flexibilité cognitive chez les enfants. Ils considèrent l'entraînement métacognitif comme une nouvelle approche prometteuse pour promouvoir la flexibilité cognitive et soutenir le transfert d'entraînement. Ces résultats indiquent que l'entraînement de la flexibilité cognitive peut être un facteur clé pour améliorer d'autres dimensions des FE.

2. Développement de la flexibilité cognitive

2.1. Différents points de vue

Nous avons souligné dans le précédent chapitre que l'étude de la flexibilité n'était le plus souvent envisagée qu'à travers ses aspects exécutifs, au détriment des aspects conceptuels (Chevalier et al., 2014 ; Maintenant & Pennequin, 2016). En effet, la flexibilité correspond à un ensemble de processus reliés à la prise de décision et au *goal setting*, ainsi qu'au changement

de tâche en soi, qu'il soit de nature intentionnelle ou automatique (Cragg & Chevalier 2012). Nous avons vu que l'on peut distinguer différentes formes de flexibilité, certaines reflétant un aspect plus conceptuel comme la flexibilité représentationnelle (Clément, 2001, 2006 ; Clerc & Clément, 2016), d'autres un aspect plus exécutif et dépendantes du contexte comme la flexibilité catégorielle (Maintenant & Blaye, 2008 ; Maintenant & Pennequin, 2016) ou les flexibilités spontanée et réactive (Eslinger & Grattan, 1993). Ainsi, la flexibilité ne doit pas être considérée comme un processus unitaire mais plutôt comme un ensemble de composantes diverses, ce qui peut rendre son étude complexe. Aussi, la trajectoire développementale de la flexibilité suscite un intérêt particulier (Chevalier & Blaye, 2006 ; Cragg & Chevalier, 2012). Son statut est peut-être celui qui fait le plus polémique et on distingue plusieurs points de vue concernant son développement (Blakey et al., 2016 ; Deàk & Wiseheart, 2015 ; Diamond, 2013 ; Hendry et al., 2016 ; Mennetrey & Angeard, 2018 ; Monette et al., 2015).

Ainsi, certains considèrent que jusque 5 ans, la flexibilité cognitive est une fonction globale, synonyme d'efficacité générale des FE (Fuhs et al., 2013 ; Wiebe et al., 2011 ; Willoughby et al., 2011, 2016). Par exemple, Deàk et Wiseheart (2015) ont testé les performances d'enfants âgés de 3 à 5 ans sur deux types d'épreuves de switching, l'une basée sur des règles (tri de cartes à trois dimensions, 3DCCS) et l'autre inductive (induction flexible de signification – Animations et objets), ainsi que des tests de vitesse de réponse, de MDT verbale, d'inhibition et de raisonnement. Les résultats confirment une amélioration qualitative de la flexibilité entre 3 et 4 ans. D'autres considèrent la flexibilité comme une fonction plus complexe qui émergerait plus tardivement que les deux autres FE fondamentale sur lesquelles son développement prend appui (Blakey et al., 2016 ; Diamond, 2013). Hendry et al. (2016) se sont focalisés plus particulièrement sur les trois premières années de vie en cherchant d'une part, à connaître le moment où des compétences mesurables dans chaque FE émergent pour la première fois ; d'autre part, à déterminer à partir de quand, les différences individuelles dans ces compétences peuvent prédire le fonctionnement exécutif futur. Selon leur modèle, la flexibilité cognitive, plus complexe, émergerait dans la seconde moitié de la première année, bénéficiant des compétences liées au maintien et à la mise à jour en MDT, ainsi qu'au changement de tâches. Cependant, ce n'est qu'après l'émergence de la capacité de résolution de conflits, soit peu après 2 ans, que les compétences liées à la flexibilité cognitive montrent une stabilité longitudinale. Leur modèle permet d'envisager que l'émergence des FE vers 3 ans (début de l'école maternelle) s'effectue sur la base de la capacité à exploiter la flexibilité cognitive, ainsi que sur la capacité à s'autoréguler sous la forme d'un contrôle des impulsions.

Selon les études, la flexibilité prendrait appui différemment sur les deux autres FE en fonction de l'âge. Par exemple, Blakey et al. (2016) ont pu montrer que le switching en présence de distraction se développe de manière significative entre 2 et 3 ans grâce à un meilleur contrôle inhibiteur. A l'inverse en présence de conflit, le switching s'est amélioré rapidement entre 3 et 3,5 ans grâce à une meilleure MDT. Par ailleurs, comme nous l'avons vu avec la présentation du

modèle de Diamond (2016), la capacité de changer de réponse, utilisée dans des tâches d'inversion de critère, se développe plus tôt que la capacité de changer de façon de penser les stimuli ou de changer l'aspect des stimuli. En effet, il semblerait que les jeunes enfants et les adultes plus âgés aient tendance à exercer les FE en réponse aux exigences environnementales (de manière réactive), tandis que les enfants plus âgés et les jeunes adultes ont tendance à être plus planifiés et anticipatifs (recruter les FE de manière proactive ; Diamond, 2013 ; Munakata et al. 2012). Braem et Egner (2018) ont par ailleurs proposé que la flexibilité cognitive puisse être conditionnée à des indices contextuels.

Par ailleurs, plusieurs ancrages et modèles théoriques ont fourni un cadre conceptuel pour expliquer les processus cognitifs de flexibilité chez les enfants de 3 à 5 ans (pour une synthèse récente voir par exemple : Clément, 2021 ; Mennetrey & Angeard, 2018). Ces modèles prennent appui sur les résultats obtenus avec une épreuve de flexibilité en particulier : le '*Dimensional Change Card Sort*' ('DCCS', Frye et al., 1995). Nous allons présenter les particularités et le fonctionnement de cette épreuve avant de revenir sur les différentes conceptions théoriques qui l'accompagnent.

2.2. Le *Dimensional Change Card Sort* : une épreuve incontournable

L'épreuve la plus utilisée pour mesurer la flexibilité chez les jeunes enfants est le '*Dimensional Change Card Sort*' (Frye et al., 1995). Elle se présente comme un jeu de tri de cartes. Des cartes tests représentant un objet (par exemple, un lapin rouge ou un bateau bleu) doivent être triées dans deux boîtes sur lesquelles une carte cible est fixée (un lapin bleu ou un bateau rouge) et en alternance selon un critère, la forme ou la couleur, en fonction de la règle de tri énoncée. Dans la version standard, lors de la première phase (Pré-Switch), l'enfant doit trier les cartes selon une première dimension (par exemple, la couleur). Les règles sont annoncées de manière explicite et répétées systématiquement avant chaque essai, mais aucun feedback n'est fourni à l'enfant. Dans la seconde phase (Post-Switch), le critère de tri change : l'enfant doit trier les cartes selon l'autre dimension (dans notre exemple, la forme). Le changement de règles est annoncé de manière explicite, et comme pour la phase précédente, les règles sont répétées avant chaque essai et les enfants ne reçoivent aucun feedback.

Dans une version un peu plus difficile que nous avons choisie, la version DCCS cadre ('*border version*', Zelazo, 2006) reproduite schématiquement dans la Figure 7 ci-dessous, on ajoute une troisième et dernière phase où de nouvelles cartes, comportant un cadre noir qui entoure l'item dessiné (lapin ou bateau), sont introduites. Le cadre symbolise un jeu précis et les règles qui vont avec. Ainsi, si l'item est entouré par ce cadre noir, l'enfant doit jouer au jeu des couleurs et donc trier selon cette règle. S'il n'y a pas de cadre pour entourer l'item (comme dans les phases précédentes), l'enfant doit jouer au jeu des formes et c'est donc cette règle de tri qui doit être utilisée. Ainsi, à chaque essai, l'enfant doit choisir d'appliquer la bonne règle de tri selon

la couleur ou selon la forme. De nouveau, les règles en rapport au cadre sont répétées avant chaque essai mais l'enfant ne reçoit aucun feedback.

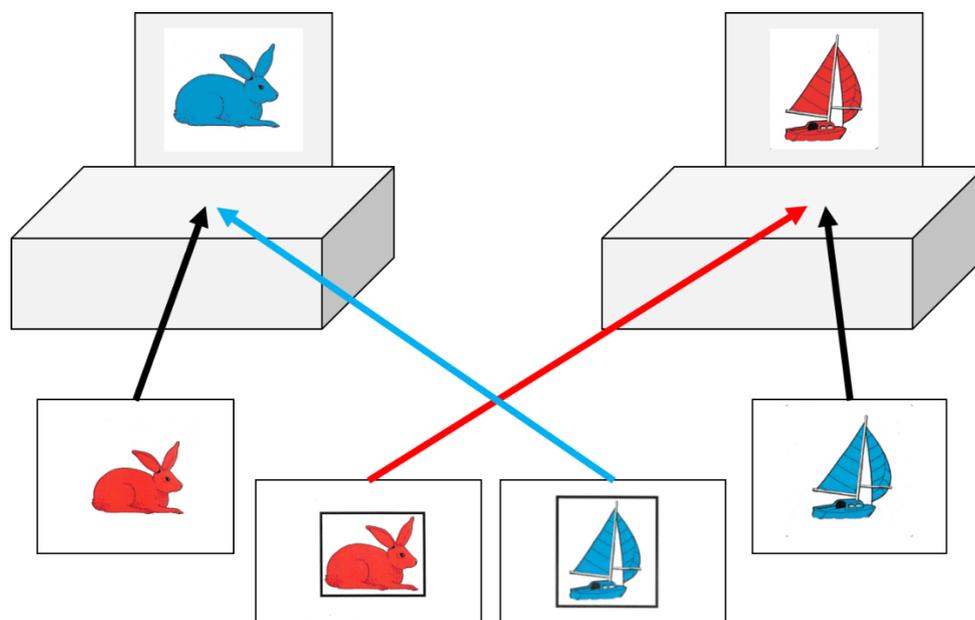


Figure 7. Illustration schématique de la phase 3 du DCCS version cadre.

Notes : Figure inspirée de celle de Chevalier et Blaye (2006) et Blaye (2021). Les flèches noires correspondent à un tri correct pour le « jeu des formes » tandis que les flèches colorées correspondent à un tri correct pour le « jeu des couleurs » (les cartes avec une bordure noire).

Pour réussir l'épreuve, les enfants doivent être capables de changer leur façon de trier les cartes tests en fonction du changement de consigne. Cette épreuve renvoie davantage à l'aspect conceptuel associé à la flexibilité, en rendant compte de l'augmentation de la flexibilité par le développement des capacités de compréhension et de raisonnement causal à partir de règles conditionnelles de type « *si-alors* » (Chevalier & Blaye, 2006 ; Doebel & Zelazo, 2015 ; Zelazo et al., 2003). Cependant, il faut être prudent car cette épreuve inclut quand même plusieurs dimensions des FE : l'inhibition serait également impliquée puisque l'enfant doit ignorer les précédentes règles en fonction du critère de tri énoncé (Chevalier & Blaye, 2006). Il est maintenant bien établi que les enfants de 3 ans ont tendance à persister avec les règles de pré-switch (erreurs de persévération) et ce n'est que vers 5 ans qu'ils réussissent pleinement cette épreuve en switchant de manière flexible (Doebel & Zelazo, 2015). Un effet plafond est souvent retrouvé vers 4 ou 5 ans c'est pourquoi il est préférable de ne l'appliquer, dans sa version standard (sans la phase avec les cadres), qu'aux enfants de moins de 4 ans.

Afin d'appréhender plutôt l'aspect perceptuel dans la flexibilité, il est préférable de s'orienter vers les tests de traçage de pistes pour enfant, tels que le '*Color Trails for Children*' ('CTC', Williams et al., 1995) et le *TRAIL-P* tiré de la batterie BEFEX-P 4.0 (Monette & Bigras, 2015) qui renvoient à des temps de réaction et mobilisent davantage les capacités attentionnelles

liées à la flexibilité des enfants. Nous présenterons ces épreuves plus longuement avec notre contribution expérimentale.

2.3. Différentes positions théoriques concernant la flexibilité et l'échec au DCCS

Si l'on revient au cadre conceptuel permettant d'expliquer les processus cognitifs de flexibilité chez les enfants de maternelle ainsi que les échecs des enfants de 3 ans au DCCS, deux approches peuvent être distinguées. Pour certains, il s'agirait d'un problème conceptuel : à 3 ans, les enfants peuvent comprendre les deux paires de règles de tri indépendamment l'une de l'autre mais ils ne peuvent pas raisonner sur ces règles, ce qui ne leur permet pas de savoir quand ils doivent basculer (switcher) entre les règles (Théorie du Contrôle et de la Complexité Cognitive, Zelazo et al., 1996 et sa version révisée, CCC-R de Zelazo et al., 2003). Ainsi, les enfants de 3 ans peuvent ne pas avoir suffisamment de capacités de réflexion pour manipuler les règles et passer de l'une à l'autre (Zelazo, 2015) ou pour comprendre qu'un objet peut être décrit de différentes manières (théorie de la redescription de Kloo & Perner, 2003, 2005).

Récemment, Mennetrey et Angeard (2018) ont cherché à comprendre si la transition survenant entre 3 et 4 ans vers un comportement plus flexible est liée à un changement conceptuel ou à une amélioration plus globale de la FE. Elles ont étudié le rôle de la redescription pour expliquer l'échec au DCCS des enfants de 3 à 4 ans. En effet, selon la théorie de la redescription, cet échec s'expliquerait par des difficultés pour décrire un objet de manière flexible sur deux dimensions perceptives successivement, lorsque celles-ci sont intégrées dans le même objet. Les auteures supposent que pour aider les enfants à comprendre et à utiliser la redescription, la présentation des dimensions de tri est déterminante. Elles ont testé auprès de 53 enfants de 3 ans, deux types d'entraînement à la redescription avec deux matériels distincts : redescription spatialement distincte, qui comporte deux objets unidimensionnels séparés sur la même carte, ou redescription entrelacée, où la couleur et la forme peuvent être séparées ou superposées dans un seul objet ; comparativement à un groupe contrôle. Les résultats montrent une amélioration des performances au DCCS après l'entraînement, en particulier pour l'entraînement version entrelacée, sous-tendant le rôle de la redescription dans le développement de la flexibilité cognitive. En effet, les résultats au post-test montrent que la formation de redescription semblait être plus efficace. Ainsi, la façon dont les dimensions sont affichées sur les cartes de test semble également contribuer à améliorer la flexibilité cognitive chez les enfants d'âge préscolaire.

Pour d'autres chercheurs, les explications relèvent d'un problème de perception : l'échec des enfants de 3 ans s'expliquerait plutôt par leur incapacité à désengager leur attention de la première dimension perceptives (par exemple la couleur) afin de se concentrer sur la seconde (par exemple la forme) (Diamond et al., 2002, 2005 ; Hanania & Smith, 2010). Même si les enfants sont capables de comprendre la coexistence de deux dimensions et la nécessité de décrire l'objet selon ces dimensions successivement, leur attention reste focalisée sur la première dimension

perceptuelle. L'absence d'inhibition et l'incapacité à se désengager d'un état d'esprit qui n'est plus d'actualité expliqueraient leurs difficultés. La séparation visuelle des dimensions sur la carte permettrait de réduire le coût d'inhibition et permet ainsi aux enfants de 3 ans d'inhiber la première dimension désormais inadéquate pour passer à la seconde (Diamond et al., 2005).

Cependant, on ne sait toujours pas pourquoi l'épreuve est plus facile pour les enfants lorsque les dimensions sont séparées sur la carte. Kloo et al. (2010) suggèrent que cette simplification peut être comprise de deux manières : soit parce que la séparation des dimensions les rend plus saillantes et améliore ainsi la compréhension conceptuelle (théorie de la redescription ; Kloo & Perner, 2003, 2005 ; Zelazo, 2015), soit parce qu'elle contribue à réduire le conflit exécutif entre les dimensions (inertie attentionnelle ; Diamond et al., 2005).

Nous venons de voir les principales caractéristiques du développement des FE et plus particulièrement de la flexibilité cognitive. Il convient maintenant d'aborder celles concernant la métacognition, deuxième précurseur de l'autorégulation de l'apprentissage.

3. Développement de la métacognition

3.1. Contextualisation et focus méthodologique

Dès les années 80 et les débuts des travaux dans le domaine, diverses études ont permis de rendre compte du développement précoce et progressif de la métacognition (Portelance & Oullet, 2004). Dès 2 ou 3 ans, les enfants ont déjà conscience de l'existence d'un monde mental, différent du monde des objets et du monde des comportements physiques : ceci marquerait la naissance de la métacognition. Toutefois, on considérait aussi à l'époque, que les compétences métacognitives à cet âge sont limitées, notamment par l'incapacité d'accéder à une forme de pensée abstraite permettant de réfléchir sur sa propre cognition. En effet, comme le rappelle Louca-Papaleontiou (2019), les travaux de Piaget ont longtemps influencé la vision que l'on avait de la capacité des jeunes enfants à réfléchir sur leurs propres états mentaux. Ainsi, on considérait les enfants d'âge préscolaire comme manquant de conscience introspective et montrant peu de compréhension des repères cognitifs (Gordon & Flavell, 1977, cités par Louca-Papaleontiou, 2019). On sait aujourd'hui que ce n'est pas le cas, ces capacités devenant opérationnelles aux alentours de 4 ou 5 ans (Estes, 1998, cité par Portelance & Oullet 2004).

Tout comme pour l'autorégulation et les FE, une limite à certaines études menées sur la métacognition auprès de jeunes enfants est souvent d'ordre méthodologique (Dermitzaki et al., 2009 ; Marulis et al., 2016 ; Smith-Donald et al., 2007 ; Whitebread et al., 2009). Pour évaluer les composantes métacognitives on peut distinguer, à l'instar de l'autorégulation, les outils à mesures indirectes tels que des échelles ou questionnaires hétéro-rapportés, de ceux à mesures directes (Frenkel, 2014). Gascoine et al. (2017) ont réalisé une revue systématique sur 80 outils et méthodes utilisés pour mesurer ou évaluer la métacognition chez les enfants âgés de 4 à 16 ans et ce, en couvrant une période de 20 ans (1992-2012). Il ressort des analyses effectuées que

dans la majorité des études (61%), ce sont les mesures d'auto-évaluation (dont les questionnaires, les enquêtes et les tests) qui sont utilisées. De plus, quand les participants ont moins de 9 ans, ce sont les méthodes d'observation qui ne reposent pas sur les protocoles de type « *penser à voix haute* » qui sont privilégiées. Ceci a été retrouvé par Frenkel (2014) qui a proposé une classification de ces outils dans une optique développementale. A travers une analyse des outils selon leur population cible, elle a ainsi pu rendre compte des différentes tendances concernant leur utilisation. Concernant les plus jeunes, à la période de la maternelle, il apparaît que les outils les plus utilisés sont les grilles d'observation et les entretiens spécifiques.

Partant du principe qu'il est plus efficace d'utiliser une méthode d'observation en contexte naturel pour augmenter la validité d'un outil, Whitebread et son équipe ont construit deux outils dédiés à l'investigation des compétences métacognitives et de l'autorégulation pour les jeunes enfants. Parmi ces deux outils, on peut citer plus particulièrement la *Checklist of Independent Learning Development (CHILD)*, qui a retenu notre attention et que nous avons utilisée dans notre contribution expérimentale. Elle se présente comme un questionnaire hétéro-rapporté à destination des enseignants, composé de 22 items permettant d'apprécier le comportement de l'enfant à travers une échelle de Likert en 4 points (de Jamais = 0 à Toujours = 3 points). Selon ses concepteurs, la CHILD présente deux avantages. D'une part, elle permet d'enregistrer à la fois les comportements verbaux et non-verbaux. D'autre part, elle permet de relever les processus sociaux impliqués dans le développement des compétences métacognitives et autorégulatrices mises en œuvre en milieu éducatif naturel. Ils rejoignent aussi les arguments proposés par Winne et Perry (2000) ou Azevedo (2009) concernant les avantages de l'observation, à savoir qu'elle permet le recueil de l'activité réelle et non pas une croyance ou un souvenir. Enfin, l'observation ne dépend pas des compétences langagières, ce qui est souvent un frein avec les jeunes enfants. Une des principales limites de cet outil est néanmoins le fait que, bien que les auteurs aient décrit la relation existante entre FE et métacognition dans l'introduction de leur article, ils n'ont pourtant pas dissocié les deux composants dans leurs analyses. Ils ont en effet inclus à la fois la métacognition (par exemple la connaissance de certaines tâches) et les FE (par exemple le contrôle du comportement) dans un seul et même instrument. Enfin, avec 22 items le questionnaire est relativement long à remplir pour les enseignants, d'autant que ces derniers ont souvent des effectifs de classe autour de 25 à 30 élèves. Cela peut donc représenter un frein à son utilisation.

Enfin, Roebbers (2017) a elle aussi répertorié les outils spécifiques qui concernent les FE et la métacognition sur la tranche d'âge 2-6 ans à travers une revue de la littérature. Elle a ainsi dénombré pas moins de 15 épreuves spécifiquement dédiées à l'évaluation de la métacognition. Selon l'âge, cela peut aller de deux épreuves spécifiques concernant les deux extrémités de la tranche d'âge visée (2 ans et 6 ans), jusqu'à quatre épreuves spécifiques pour les enfants de 3 ans et ceux de 5 ans. Le travail de Roebbers (2017) suggère ainsi que, pour obtenir de meilleures

approches empiriques pour examiner les FE et la métacognition, il faut s'orienter vers des axes de recherche multiméthodologiques à plusieurs niveaux. Elle encourage d'ailleurs à intégrer ces deux composants sur le plan théorique au regard du développement de l'autorégulation cognitive. C'est ce que nous avons cherché à faire dans nos expérimentations.

Actuellement, grâce notamment à l'évolution méthodologique, on reconnaît que pour devenir un apprenant efficace et autonome, le développement de la conscience métacognitive est nécessaire (Louca-Papaleontiou, 2019). En devenant conscient de la façon dont il apprend, l'enfant peut identifier les moyens les plus efficaces pour apprendre. Pour devenir actif sur le plan métacognitif, un apprenant passerait par trois phases (Lafortune & Turcotte, 2008). Tout d'abord, il doit reconnaître les connaissances métacognitives dont il dispose. La deuxième phase implique la reconnaissance des facilités et des difficultés liées à la réalisation de la tâche. Avec l'expérience et les leçons qu'il a pu en tirer, l'apprenant est alors capable de reconnaître ses forces et ses faiblesses ou ses tendances d'actions. La troisième phase consiste en l'analyse de l'ensemble de la démarche pour pouvoir s'ajuster. A force d'expérience, l'apprenant augmente ses connaissances métacognitives, ce qui lui permet en retour d'améliorer sa gestion de ses processus mentaux nécessaire pour appréhender une nouvelle situation d'apprentissage (Lafortune et al., 2001). Aussi, pour s'intéresser au développement de la métacognition, il s'agit de ne pas la considérer comme une capacité unique mais plutôt de l'envisager comme nous l'avons fait précédemment, à travers ses principales composantes : les connaissances métacognitives d'une part, les compétences métacognitives d'autre part, ainsi que les expériences métacognitives. Nous allons maintenant détailler le développement de ces composantes.

3.2. Développement des connaissances métacognitives par l'observation de soi et des autres : la construction de son monde mental

Rendre compte des connaissances métacognitives dont dispose un individu implique de prendre en compte la variabilité inter et intra individuelle, tout comme le niveau d'expérience, le contenu et l'accessibilité de ce contenu. Le soutien offert par l'environnement ou le contexte peuvent également être déterminants, tout particulièrement si l'enfant sait à l'avance qu'on lui demandera de rapporter ses pensées. Flavell et al. (1995, cités par Louca- Papaleontiou, 2019) ont identifié quatre niveaux de réponse différents à des tâches introspectives :

1. *Pas de réflexion* de la part de l'enfant quand on lui demande, même si le type de tâche proposée le permet.
2. *Erreur* : l'enfant se trompe en rapportant des pensées qui ne se sont pas réellement produites pendant la tâche.
3. *Précision* : l'enfant rapporte avec précision un objet ou des événements auxquels il a pensé, mais de manière plus descriptive et factuelle que comme relevant d'une véritable capacité de conscience métacognitive.

4. *Introspection* : l'enfant pense à ce qu'il fait de manière plus aboutie, et peut indiquer quelle activité mentale concernant les objets et événements de la tâche a été mis en œuvre. Il ne se contente donc plus de simplement signaler la présence des objets et des événements eux-mêmes. Seul ce dernier niveau fait référence à une capacité métacognitive d'introspection.

Cette introspection rend compte d'une capacité à s'observer soi-même. L'auto-observation consiste à focaliser son attention pour observer le déroulement de l'activité en cours, mais aussi les résultats obtenus et dont il faut garder des traces (Zimmerman, 2000). Dans les conceptions anciennes, on considérait qu'avant l'âge de 7 ans, l'enfant est naïf et trop optimiste par rapport à ses capacités d'apprentissages (Paris & Newman, 1990). Il n'aurait qu'une compréhension vague des implications des tâches scolaires, et ses connaissances stratégiques seraient fragmentées et intuitives. Ainsi, on considérait que les jeunes enfants ne réfléchissent que rarement sur leur performance et qu'ils pensent qu'il suffit d'essayer pour réussir. Ce ne serait qu'à l'adolescence que l'individu comprend que les efforts seuls ne garantissent pas le succès à une tâche, et qu'une compréhension de plus en plus différenciée des tâches scolaires et de leur contrôle par différentes stratégies cognitives efficaces devient opérante et efficiente. Ces auteurs attribuaient aussi aux jeunes enfants une tendance à se surestimer, à présenter un biais positif quant à leurs capacités et à s'attendre à ce que quelques efforts soient suffisants pour s'assurer la réussite à une tâche (Paris & Newman, 1990 ; Zimmerman, 1990).

Nous avons déjà évoqué l'étude récente de Simons et al. (2020), qui confirme que les enfants de 6 à 10 ans possèdent des connaissances métacognitives sur les processus d'apprentissages mais que ces connaissances restent limitées. Seuls certains composants, souvent ceux directement observables, sont spontanément évoqués par les enfants. Par exemple, lorsqu'on leur a demandé de définir ce qu'est l'organisation, la plupart ont mentionné des documents d'organisation et d'autres documents, mais peu ont mentionné la gestion du temps, des pensées ou des actions. Cette limitation des connaissances métacognitives se répercute sur l'exécution même des tâches : les enfants peuvent ne pas être conscients des actions nécessaires pour réaliser les processus d'apprentissage, et ainsi échouer ou se retrouver en difficulté face à certaines tâches. Ces résultats mettent en évidence le besoin potentiel d'un soutien supplémentaire pour le développement des connaissances métacognitives des enfants. Il s'agit d'accompagner plus particulièrement les élèves dans la compréhension de l'apprentissage : être attentif, ignorer les distractions, persévérer, être organisé et planifier son travail.

A la période de la maternelle, les enfants sont capables de déduire l'existence d'une pensée chez autrui mais ils ont pour cela besoin d'indices forts et clairs (Flavell, 1999). Les travaux de Estes (1998, cité par Portelance & Oullet, 2004) ont montré qu'à 3 ans, un enfant guidé par un adulte peut démontrer une capacité de conscience de ses activités mentales, sans avoir celle de les décrire. A cet âge, ils ont en effet tendance à ne pas prêter attention à leur propre pensée ni à celle des autres, et sont ainsi moins susceptibles de savoir comment ils sont

parvenus à la solution d'un problème donné. L'attribution d'un état mental impliquant la représentation des croyances des autres n'apparaîtrait que vers 4 ans. Par exemple Estes (1998, cité par Portelance & Oullet 2004) a pu démontrer que des enfants de 4 et 6 ans réalisant une tâche de rotation mentale peuvent se référer verbalement à leurs processus mentaux pour expliquer leurs choix, bien qu'aucune instruction pour utiliser la rotation mentale n'ait été donnée.

Plus récemment, Marulis et al. (2016) sont partis du principe que l'utilisation exclusive des méthodes d'observation ne peut pas aboutir à une représentation complète des compétences métacognitives précoces. En s'inscrivant dans la lignée des travaux de Shamir et al. (2009) et de Whitebread et al. (2007, 2009), ces auteurs ont construit un outil plus dynamique : il s'agit d'un entretien métacognitif (*Metacognitive Knowledge Interview 'McKI'*) qui vise à évaluer précisément les connaissances métacognitives précoces et leur développement chez des enfants de 3 à 5 ans. L'objectif est de comprendre si et comment la métacognition peut prédire l'apprentissage et la réussite scolaire, en proposant une opérationnalisation plus claire des premiers processus métacognitifs. Ils ont testé plus particulièrement la sensibilité et la fiabilité de l'outil, pour rendre compte à la fois du développement métacognitif au fil du temps, mais aussi face à une tâche de résolution de problèmes familière et agréable : des constructions (Wedgit®). Nous nous en sommes également inspirés pour notre contribution expérimentale. Le McKI se présente comme un entretien postérieur à la tâche, qui traite de l'activité réalisée à travers une série de 11 questions. Celles-ci portent tant sur les connaissances propres à la tâche que sur les connaissances de l'enfant sur lui-même et face à cette tâche (connaissances métacognitives). Une autre particularité dans cet entretien est qu'il implique de recourir à une marionnette pour les sept dernières questions. Ainsi, on demande à l'enfant s'il veut bien aider la marionnette à apprendre à faire les constructions, ce qui facilite les réponses des enfants. D'après leur étude, qui est la première à évaluer les connaissances métacognitives des enfants de 3 à 5 ans à l'aide d'un outil type entretien, les résultats indiquent que le McKI est un outil de mesure de la métacognition approprié à cette tranche d'âge. Il présente l'avantage de proposer des questions portant sur des connaissances métacognitives liées à l'engagement dans une tâche de résolution de problèmes contextualisée. Il montre aussi une bonne fidélité et une bonne sensibilité : avec l'âge, les enfants obtiennent des scores plus élevés, témoignant d'une progression dans les capacités métacognitives. Un autre avantage de cet outil est que le McKI est un outil agréable et adaptable aux tâches d'apprentissage naturelles que les enfants peuvent rencontrer en classe. Cependant, on peut pointer le faible effectif qui a conduit à tirer ces conclusions. De plus, cet effectif ne rend pas compte des différences individuelles qui peuvent expliquer la variance des scores obtenus par les enfants au McKI.

Robson (2016) a elle aussi mené une étude en contexte scolaire pendant 10 mois dans une classe d'enfants âgés entre 4-5 ans en ayant recours à une méthodologie particulière. Elle assistait à une demi-journée de classe chaque semaine et enregistrait des épisodes vidéo des enfants en activité. Au total, 58 observations (29 dirigées par des adultes et 29 initiées par des

enfants), mettant en scène les 29 enfants de la classe, ont servi de support et de points de départ à autant d'entretiens de réflexion entre la chercheuse et un enfant, entretiens stimulés par la vidéo correspondante. La spécificité de ces entretiens est de ne se concentrer que sur l'interrogation des enfants concernant leurs pensées et leurs idées à propos de l'activité regardée. Ces entretiens étaient effectués en direct pendant la réalisation de l'activité puis une semaine après l'activité avec le support vidéo. Les résultats montrent qu'il existe des différences nettes concernant les manifestations d'autorégulation et de métacognition chez les enfants, lorsqu'ils participent à une activité vs lorsqu'ils y réfléchissent plus tard. Ainsi, dans l'ensemble, les compétences d'autorégulation et de métacognition (évaluation) étaient plus présentes dans les entretiens ultérieurs plutôt que dans ceux menés pendant la réalisation de l'activité, en direct (planification et monitoring). En conclusion, cette étude montre qu'avoir une discussion explicite avec les enfants sur ce qu'ils ont fait et pensé en ayant recours à la vidéo, plutôt que de simplement s'en souvenir, est un bon moyen pour rendre la pensée et la compréhension des enfants plus consciemment disponibles pour eux. C'est donc bien la combinaison des outils qui permet de rendre compte des capacités métacognitives et autorégulatrices des jeunes enfants. Ainsi, il apparaît nécessaire d'avoir recours à des outils et des procédures multiples et plus écologiques avec ce public spécifique (Diamond, 2016 ; Follmer & Sperling, 2016 ; Marulis et al., 2016, 2020 ; Moreno et al., 2017 ; Roebbers, 2017 ; Zachariou & Whitebread, 2019).

Les recherches des trente dernières années démontrent donc que l'accès conscient à au moins un type de pensée est présent précocement. La métacognition émerge dès la deuxième année quand les enfants commencent à utiliser des termes d'état mental (Bartsch & Wellman, 1995 ; cités par Marulis et al., 2020). Des changements rapides dans la métacognition sont ensuite observés entre 3 et 7 ans (Bryce et al., 2015 ; Roebbers et al., 2012). L'instruction explicite des processus d'apprentissage et des stratégies connexes peuvent être bénéfiques pour le développement de la métacognition. Ce développement se poursuit jusqu'à l'adolescence, en prenant la forme d'un réglage plus fin des habiletés de monitoring et de contrôle développées plus jeune. Les actions de contrôle sont utilisées de façon plus adaptative et plus flexible et les informations issues du monitoring, lui-même plus précis, sont utilisées de manière plus efficace (Roebbers, 2014). C'est ce que nous allons maintenant voir en abordant le développement du second versant de la métacognition.

3.3. Développement des compétences métacognitives

3.3.1. Être capable de juger et surveiller son comportement (monitoring)

Nous avons vu en définissant la métacognition que son versant procédural s'envisage à travers l'étude des stratégies métacognitives de préparation de l'apprentissage (*anticipation et planification*) et celles de supervision de l'apprentissage (*contrôle et monitoring*) face à une tâche. Nous avons déjà détaillé les caractéristiques du développement stratégique dans le chapitre 2. Cependant, dans la tradition de l'étude de la métacognition, les mécanismes top-down de

régulation de la cognition (Brown, 1987) ont notamment été étudiés à travers des situations qui nécessitent de porter un jugement sur son apprentissage (*Judgments of Learning* : 'JOL'). Nous allons donc nous appuyer ici sur quelques-uns de ces travaux.

Tout comme pour l'étude des connaissances métacognitives, des paradigmes innovants ont permis d'explorer les compétences métacognitives chez le jeune enfant avec des résultats probants (Roebbers, 2017). Par exemple, l'équipe de Ghetti a développé des paradigmes adaptés à la détection précoce de la métacognition, dans le contexte de la perception et de l'identification d'objets. Ces chercheurs ont pu montrer, grâce à l'utilisation d'une échelle à deux points (« *incertain* » - « *très sûr* ») ou à trois points (« *incertain* » - « *ni sûr ni incertain* » - « *très sûr* »), que la capacité métacognitive pour différencier les performances correctes et incorrectes apparaît entre 3 et 5 ans. Ils ont aussi montré que le concept de « certitude » des enfants à cette période est dichotomique : ils sont soit « très sûrs », soit « très incertains » quant à l'exactitude de leurs réponses. Comme le rapporte Roebbers (2017), il semble également qu'une simple connaissance partielle ou un sentiment de familiarité suffise pour les encourager à être sûrs de leur réponse, rendant ainsi compte d'une forme de « confiance excessive » déjà identifiée par le passé. Enfin, des premiers signes de contrôle basés sur le monitoring ont été observés chez des enfants dès 3 ans (Balcomb & Gerken, 2008 ; Bernard et al., 2015). Ainsi, il apparaît qu'à force d'expériences régulières et d'effort, les enfants apprennent petit à petit à calibrer leurs habiletés de monitoring et de prévision en étant plus précis et plus prudents dans leurs réponses, et en faisant davantage de liens avec un apprentissage suffisant ou non pour produire des réponses correctes et incorrectes. Ce serait vers l'âge de 8 ans que les compétences de monitoring seraient relativement précises mais elles continueraient de s'améliorer jusqu'à l'adolescence.

Spearling et al. (2000) ont examiné les relations entre l'utilisation de stratégies de résolution de problème, la régulation métacognitive et la théorie de l'esprit chez des enfants âgés de 3 à 5 ans face à des puzzles. Ils supposaient que les enfants qui utilisent des stratégies efficaces de résolution de problèmes évaluent plus précisément leur performance grâce à de meilleures compétences de régulations, ces compétences étant supposées augmenter avec l'âge. Ils s'attendaient aussi à ce que les enfants aient un peu trop confiance en eux, mais qu'ils seraient assez précis dans leurs prévisions et leurs compétences. Ils ont utilisé trois tâches de résolution de problèmes et ont relevé pour chacune une prédiction, la performance et une postdiction. Leurs résultats montrent qu'en situation de résolution de problème, des enfants de 3 ans sont capables de contrôler et monitorer leur comportement. A 4 ans, ils sont capables d'adopter des stratégies et processus spécifiques et relativement complexes, qui nécessitent que les apprenants utilisent une régulation métacognitive pour réaliser un puzzle. Concernant plus particulièrement leurs capacités à estimer et juger leurs performances, ils ont montré que les enfants plus âgés (5 ans) étaient meilleurs que les enfants plus jeunes (3-4 ans) pour prédire leur propre performance dans les trois tâches de résolution de problèmes. Toutefois, le calcul de la correspondance intra-personnelle entre les performances prévues (prédictions) et les

performances réelles dans les trois tâches de résolution de problèmes a montré que même les plus jeunes émettaient des prédictions correctes à près de 50% quelle que soit la tâche. Pour les enfants plus âgés, cette correspondance était plus près des 60 à 70 % de prédictions correctes en faveur de la tâche de dominos. Ils ont également calculé les corrélations intra-personnelles entre le rendement réel et les évaluations postérieures (postdictions) de ce rendement. Les résultats montrent de la même manière, que globalement, les enfants plus âgés étaient meilleurs que les enfants plus jeunes à la postdiction, à l'exception de la tâche du puzzle d'appariement. Cette étude souligne aussi l'importance du choix du matériel à utiliser auprès d'un jeune public, les puzzles semblant une piste intéressante pour rendre compte des compétences d'autorégulation dès le plus jeune âge.

Enfin, les travaux de Lipowski et al. (2013) ont eux aussi démontré que des enfants d'âge préscolaire sont tout à fait capables de porter un jugement sur leur apprentissage. Ils ont examiné cette compétence dans trois expériences au cours desquelles des noms propres d'animaux étaient enseignés à des enfants de 4 à 8 ans. Dans l'ensemble, les résultats suggèrent qu'avec une expérience de travail minimale, la plupart des enfants d'âge préscolaire comprennent qu'ils ne se souviendront pas de tout, et que s'ils ne se souviennent pas de quelque chose à l'instant t, il est peu probable qu'ils s'en souviennent à l'avenir. En outre, les jeunes enfants sont capables de réfléchir sur les préférences et les difficultés des tâches et d'évaluer les résultats obtenus (Hendy & Whitebread, 2000), ce qui est une condition préalable importante à la phase d'autoréflexion de l'autorégulation de l'apprentissage (Zimmerman, 2000). La capacité de se poser des questions pour produire des informations pertinentes se développerait avant la capacité à appliquer ces informations avec succès (et systématiquement) pour résoudre des problèmes complexes (Legare et al., 2013). Une autre condition pour rendre compte de la métacognition est d'être capable de se contrôler.

3.3.2. *Faire preuve d'autocontrôle*

Nous avons indiqué dans notre chapitre 2 que les recherches auprès des jeunes élèves montrent qu'ils ont besoin qu'on leur montre comment contrôler leurs efforts. Ils ont également besoin d'entraînement et d'accompagnement pour faire le lien entre l'utilisation des stratégies et les résultats qui en découlent (bénéfice ou non) pour prendre des décisions appropriées. Les jeunes enfants peuvent présenter une connaissance limitée de leurs capacités cognitives, due à un manque d'expérience, ce qui entraîne un faible contrôle sur leurs actions cognitives. Nous venons de voir que certaines études mettent en évidence la distinction possible entre les connaissances et les compétences métacognitives chez ces jeunes enfants soulignant ainsi la distinction entre le « *savoir* » et le « *faire* » qui se manifeste souvent dans les comportements à cet âge (Shamir et al., 2009). Ces travaux soulignent le fait qu'il ne faut pas se contenter de demander aux enfants ce qu'ils pensent car leurs propos sont souvent inexacts. Il est préférable d'utiliser des mesures multiples et en contexte pour rendre compte plus finement des capacités

des jeunes enfants. Par exemple, Legare et al. (2013) ont montré que l'utilisation stratégique de questions pour résoudre des problèmes peut être une piste intéressante auprès d'enfants de 4 à 6 ans. Dans leur étude, ils ont confronté les enfants à deux tâches : une nouvelle tâche de résolution de problèmes qui nécessite de poser des questions à un informateur (pour déterminer quelle carte d'un tableau se trouve dans une boîte) et une tâche de flexibilité cognitive qui nécessite la classification des stimuli selon plusieurs dimensions. Les résultats montrent que la capacité à poser des questions pour générer des informations pertinentes se développe avant la capacité d'appliquer ces mêmes informations de manière cohérente pour résoudre des problèmes complexes. Legare et al. (2013) proposent d'avoir recours à ce processus de production de questions comme outils stratégiques pour examiner comment les enfants parviennent à contrôler la résolution de problèmes.

On sait que le jeune enfant peut aussi observer et commencer à corriger des erreurs dans ses activités (Nader-Grosbois, 2007). Le développement de l'autocontrôle nécessite aussi d'intérioriser les buts de l'apprentissage (Boekaerts, 2002, 2007 ; Boekaerts et al., 2006). Le développement de cette intériorisation nécessite, selon Carver & Scheier (2000a et b, 2002) de comprendre pourquoi un but ou une valeur est importante et cela implique d'avoir l'opportunité d'y réfléchir. L'élément clé est ici de permettre à l'apprenant de découvrir et d'établir des liens entre les valeurs et les buts des autres et les siens. Pour que buts et valeurs soient intériorisés, leur atteinte doit permettre la congruence du *self*, c'est-à-dire la congruence avec les buts et les valeurs déjà existantes.

Pour Harris (1995, cité par Louca-Papaleontiou, 2019), les différences de résultats que l'on peut retrouver d'une étude à l'autre peuvent s'expliquer par la manière dont l'entretien entre l'expérimentateur et l'enfant est mené, rejoignant ainsi les débats quant aux problèmes méthodologiques et au choix des outils. Par exemple Roebbers & Spiess (2017) ont montré que les premiers signes de contrôle métacognitif apparaissent vers 3-4 ans en situation de jeu (Destan et al., 2014) sinon il faut attendre l'âge de 10 ans. Des études comme celle de Sperling et al. (2000) ont montré que des enfants de 3 ans sont capables de contrôler leur comportement en résolution de problème, et que dès 4 ans, ils savent utiliser des stratégies et processus métacognitifs face à un puzzle.

Enfin, certaines études se sont intéressées à l'évaluation de la métacognition dans ses deux dimensions, déclarative (connaissances) et procédurale (stratégies). C'est le cas de celle de Shamir et al. (2009) menée auprès d'enfants âgés de 4 à 5 ans et dans différents contextes d'apprentissage : l'auto-évaluation, l'apprentissage individuel (AI) et l'apprentissage assisté par les pairs (AAP). A travers une épreuve consistant en un rappel d'une série d'images familières, les enfants ont été évalués dans ces trois contextes. La modalité individuelle impliquait de se souvenir d'une série de neuf images, puis on leur demandait d'expliquer comment ils avaient fait pour se souvenir des photos (auto-évaluation). La modalité apprentissage assisté par les pairs

(AAP) consistait à devoir aider un pair à se souvenir des photos. Les résultats de cette étude montrent qu'il existe des différences significatives entre le comportement déclaratif des enfants (auto-évaluation et connaissances métacognitives) et le comportement métacognitif procédural (stratégies) selon la modalité (individuel ; pair). Ainsi, la métacognition procédurale (stratégie) en modalité AAP et la théorie de l'esprit prédisaient les performances cognitives, même lorsque la métacognition procédurale en modalité AI, la métacognition déclarative (connaissance) et les capacités langagières étaient contrôlées. Ces résultats indiquent que des enfants âgés de 4 à 5 ans sont déjà capables de présenter un large éventail de comportements métacognitifs procéduraux et déclaratifs lorsqu'on leur demande de rappeler une série de neuf images. Cette étude montre aussi que le simple fait de demander aux enfants ce qu'ils pensent est insuffisant puisque souvent inexact, et les auteurs suggèrent d'utiliser des mesures multiples et en contexte.

Comme nous venons de le voir, les capacités de monitoring et de prévision se développent assez tôt chez l'enfant, mais il semble que transposer ce monitoring métacognitif en actions de contrôle adéquates pose des difficultés même pour des élèves du primaire (Roebers, 2017). Selon Nader-Grobois (2007), la maturation progressive du langage et des représentations mentales aide le jeune enfant à anticiper ses actions (Brownell & Kopp, 2010). Pour rendre compte des capacités plus limitées des jeunes enfants, Zimmerman considère plutôt un manque d'initiative chez les enfants les plus jeunes, qui se contenteraient de suivre les instructions de l'enseignant et de répondre à ses attentes. Pour cet auteur, le contrôle induit par les feedbacks et la prise de décision sont liés, et dépendent de la conscience de l'apprentissage et de l'âge. Les enfants les plus âgés peuvent par exemple produire une stratégie mais ne pas l'utiliser efficacement (déficience d'utilisation) mais cela ne s'observe pas chez les plus jeunes. En effet, le contrôle de l'apprentissage est une activité métacognitive complexe, qui implique l'attention dirigée et des processus de raisonnement sophistiqués qui dépendent d'autres grandes fonctions cognitives comme les FE (Roebers, 2017).

3.4. Quelques pistes pour soutenir le développement de la métacognition

Nous venons de voir que le développement de la métacognition peut s'envisager à travers le développement de ses deux composants principaux : les connaissances métacognitives et les compétences métacognitives. De manière générale, la métacognition émerge très tôt dans la vie de l'enfant et se développe plus particulièrement entre 2 et 7 ans. Tout comme l'autorégulation, ce développement est aussi soutenu par l'aide apportée par l'adulte ou l'environnement. Aussi, pour améliorer la conscience métacognitive des enfants, certains suggèrent, comme le rapporte Louca-Papaleontiou (2019), de les accompagner dans l'acquisition d'un lexique mental associé à la théorie de l'esprit afin de les aider à penser et à parler des événements mentaux de manière plus nuancée et différenciée. Cela les aiderait à augmenter la conscience qu'ils ont de leurs propres phénomènes mentaux. Le langage tient donc aussi une place importante dans le développement de la métacognition. Pour élargir la compréhension des enfants sur le

fonctionnement de l'esprit et les aider à faire de bonnes inférences sur son contenu, il faut utiliser fréquemment des mots d'état interne (Louca-Papaleontiou et al., 2012), c'est-à-dire utiliser un langage métacognitif qui renvoie aux mots concernant la cognition (savoir, penser, deviner, se souvenir, oublier). Avoir des échanges sur le monde mental est essentiel pour le développement de constructions mentales et la compréhension sociale (Louca-Papaleontiou, 2019).

Une autre piste explorée pour améliorer le développement de la métacognition concerne les interactions sociales (Salmon & Lucas, 2011 ; cités par Louca-Papaleontiou, 2019). En effet, comme l'avait déjà suggéré Vygotsky (1997), c'est en interagissant avec des adultes ou d'autres enfants que les enfants se développent, apprennent et construisent ainsi leur compréhension de la pensée. L'environnement social est imprévisible, ce qui rend nécessaire le monitoring et le contrôle de la cognition, davantage que pour l'environnement physique. Enfin, comme nous l'avons évoqué à plusieurs reprises, une piste actuelle pour soutenir le développement et l'amélioration de la fixation d'un but est celle de l'utilisation des signaux (*'cue utilization'*). Cela aurait aussi des répercussions sur le développement des compétences métacognitives au cours des années d'école primaire (Roebbers et al., 2019).

Enfin, plusieurs études révèlent que la métacognition entretient des liens avec les FE. Ces relations semblent évoluer avec l'âge (Marulis et al., 2020 ; Roebbers & Feurer, 2016). Elles seraient plus fortes et plus nombreuses chez les enfants les plus jeunes. Les FE seraient ainsi nécessaires pour le développement précoce des compétences métacognitives (Bryce et al., 2015 ; Carlson et al., 2015 ; Dinsmore et al., 2008 ; Roebbers, 2017 ; Roebbers et al., 2012). Elles seraient ainsi des précurseurs nécessaires mais non suffisants pour les compétences métacognitives (Bryce et al., 2015 ; Garner, 2009 ; Roebbers, 2017). En effet, pour Roebbers et al., (2012), les FE sont reliées au contrôle métacognitif mais pas au monitoring, contrairement à ce qu'ont montré Bryce et al. (2015) pour qui les FE sont plus reliées aux compétences métacognitives à 5 ans qu'à 7 ans, où d'autres facteurs comme la régulation émotionnelle ou l'expertise de la tâche deviennent des déterminants plus importants.

Ainsi, un autre courant de recherche prend de l'ampleur ces dernières années concernant l'entraînement des FE. En France, on peut par exemple citer les travaux portés par l'équipe de Houdé qui ont montré la pertinence d'un entraînement métacognitif centré sur le développement de l'inhibition (Houdé & Borst, 2014 ; Lubin et al., 2012, 2013 ; Rossi et al., 2012). D'autres travaux internationaux portent sur l'évaluation d'interventions conçues pour améliorer la flexibilité cognitive chez les enfants (Buttelmann & Karbach, 2017). Selon ces auteurs, l'entraînement métacognitif serait une nouvelle approche prometteuse pour promouvoir la flexibilité cognitive et soutenir le transfert d'entraînement. Ces résultats indiquent que l'entraînement de la flexibilité cognitive peut être un facteur clé pour améliorer d'autres dimensions des FE. Ainsi, les entraînements basés sur le DCCS et le changement de tâches ont entraîné des améliorations significatives de la flexibilité cognitive au cours de l'enfance et de l'adolescence (Buttelmann &

Karbach, 2017 citent par exemple : Zinke et al., 2012, chez les 10-14 ans ; Dörrenbächer et al., 2014, chez les 8 - 11 ans ; Espinet et al., 2013 chez des enfants âgés de 2 à 4 ans ; Moriguchi et al., 2016, chez des enfants âgés de 3 à 5 ans). De plus, Chevalier et Blaye (2016) ont montré qu'avec l'âge, les enfants sont mieux en mesure de surveiller l'engagement des FE, soulignant l'importante contribution des processus métacognitifs au développement des FE. Bien que les résultats de ces différentes études soulignent l'importance de la métacognition pour un fonctionnement efficace des FE, les instructions métacognitives ont rarement été appliquées dans la recherche sur l'entraînement cognitif, bien que cela puisse contribuer à changer qualitativement la manière dont les participants s'engagent dans la tâche en fonction de la difficulté. Ainsi, l'entraînement métacognitif devrait faciliter l'adaptation flexible à de nouvelles tâches en entraînant les enfants à réfléchir à la façon de les aborder, par exemple en intégrant des informations sur les exigences de tâches actuelles et les expériences passées afin de peser les coûts respectifs (par exemple, l'effort mental) et les avantages (récompenses, par exemple) des stratégies de contrôle disponibles (cf. Chevalier & Blaye, 2016). Enfin, l'entraînement métacognitif devrait davantage encourager l'évaluation des performances, y compris la détection des erreurs et le traitement des feedbacks, qui se développent toujours progressivement chez les jeunes enfants (Chevalier et al., 2009 ; DuPuis et al., 2015).

Pour résumer, des changements rapides dans le développement des FE et de la métacognition sont observés entre 3 et 7 ans (Bryce et al., 2015 ; Roebbers et al., 2012). A force d'expérience, le jeune enfant construit progressivement un ensemble cohérent de croyances sur lui-même et sur les autres, ainsi que sur la nature des tâches et des stratégies cognitives. Elles constituent ainsi le stock de connaissances métacognitives. Ces croyances sont souvent implicites et imprécises. Néanmoins, elles peuvent être utilisées pour médiatiser les efforts pour s'autoréguler. L'enfant peut alors réfléchir sur ses croyances et peut les articuler plus précisément. Les enfants de 5 ans ont déjà des compétences de base nécessaires pour une attention continue à la tâche, pour surveiller leurs propres processus d'apprentissage et pour se contrôler volontairement (Dörr & Perels, 2019 ; Zimmerman, 2000), ce qui est décisif pour la phase d'engagement et monitoring de l'autorégulation (Bronson, 2000 ; Zimmerman, 2000). Bien que la période de l'école élémentaire soit davantage le témoin de l'augmentation de ces capacités, Schneider (2008, cité par Vandeveld et al., 2015) considère que les jeunes enfants sont capables de faire des prédictions du niveau de difficulté des tâches (c'est-à-dire des jugements de facilité d'apprentissage) ainsi que de la capacité de juger de leurs performances (c'est-à-dire des jugements d'apprentissage).

Conclusion

Pour conclure ce chapitre, nous pouvons dire que fondamentalement, la période de l'école maternelle marque une période sensible pour la maturation de l'autorégulation des apprentissages. Par ailleurs, ce développement serait lié à des précurseurs telles que les FE et

la métacognition. Selon Marulis et al. (2020) « *les mécanismes méta / exécutifs ajoutent une plus grande souplesse à la cognition et au comportement en améliorant les perceptions de l'apprentissage et de l'action de chacun, plutôt que de s'appuyer sur des réactions habituelles à l'environnement. Les deux impliquent le monitoring et la régulation des données nécessaires à l'action orientée vers les buts. Par exemple, demander de l'aide peut impliquer de percevoir et de prendre conscience de ses capacités par rapport à la tâche en cours (métacognition) et de supprimer l'impulsion de répéter une stratégie défailante (FE)* » (p. 47, notre traduction). Elles partagent des trajectoires de développement parallèles et entretiennent une relation dynamique au cours du développement (Marulis et al., 2020 ; Roebbers, 2017). Les enfants, même jeunes, peuvent donc faire preuve d'autorégulation grâce au développement de leurs compétences exécutives et métacognitives. Pour les FE, le développement se manifeste principalement par un meilleur compromis entre vitesse et précision. Pour la métacognition, le développement consiste à affiner le monitoring afin de mieux agir sur celui-ci lors de l'apprentissage.

Les travaux de ces dernières années ont permis de rendre compte des liens théoriques et empiriques qui unissent FE et métacognition, et il apparaît désormais indispensable de les inclure tous les deux si l'on s'intéresse à l'apprentissage des enfants et au développement cognitif (Bryce & Whitebread, 2012 ; Marulis et al., 2020 ; Roebbers et al., 2012 ; Whitebread, 1999). C'est pourquoi nous les envisageons comme des précurseurs de l'autorégulation de l'apprentissage. Par ailleurs, il apparaît aussi que la perception qu'ont les enfants de leur apprentissage peut être facilitée par des interventions précoces axées sur les FE et la métacognition. Cela implique de rendre l'apprentissage visible et explicite, afin que les enfants puissent évaluer leur propre performance en déterminant leurs forces et leurs faiblesses et en réalisant les ajustements appropriés. Pour cela, ils doivent aussi développer leur capacité à être stratégiques et engagés dans la réalisation de leurs buts d'apprentissage. Il s'agit pour eux de comprendre *comment, quand et pourquoi* utiliser des processus exécutifs ou métacognitifs spécifiques. Cela pourrait en particulier favoriser le transfert vers de nouvelles situations, préoccupation de longue date des chercheurs et des praticiens de l'apprentissage.

RESUME DU CHAPITRE 4

Ce quatrième chapitre nous a permis d'envisager les spécificités liées au développement des FE et de la métacognition afin de comprendre pourquoi nous pouvons les envisager comme des précurseurs de l'autorégulation des apprentissages et en particulier à la période de la maternelle.

Dans un premier temps, après avoir rappelé quelques aspects méthodologiques concernant l'étude du développement des FE, nous nous sommes intéressés au développement des capacités de contrôle cognitif en rappelant que deux points de vue s'affrontent à ce sujet. D'un côté, on peut l'envisager de manière continue et unitaire avec une vision plus qualitative qui prend appui sur le modèle DMC de Braver : le développement du contrôle cognitif passerait par un changement de mode de contrôle d'abord réactif pour devenir proactif. De l'autre côté, on peut aussi envisager ce développement de manière intégrative avec une vision plus quantitative qui prend appui sur le modèle de Diamond : le développement du contrôle cognitif reposerait sur des processus exécutifs distincts, autonomes, mais qui interagissent et qui auraient des trajectoires développementales différentes. Nous inscrivant dans cette seconde approche, nous avons apporté quelques précisions concernant le développement des trois FE dites fondamentales (MDT, inhibition et flexibilité) et les facteurs qui influencent ce développement (langage, pratiques parentales, niveau socio-économique familial). Enfin, nous nous sommes attardés plus longuement sur le développement de la flexibilité, en présentant aussi l'un des outils qui permettent de la mesurer à la maternelle : le DCCS. Cette présentation nous a permis de revenir sur les principales théories qui expliquent l'échec à cette épreuve incontournable et rendent ainsi compte du développement de la flexibilité.

Dans un second temps, nous avons de la même manière, apporté des précisions quant au développement spécifique de la métacognition et des facteurs qui y contribuent. Le développement métacognitif consiste à s'approprier les connaissances nécessaires pour pouvoir ajuster ses stratégies et comportements face à une tâche donnée. Ainsi, à force d'expérience, l'apprenant augmente ses connaissances métacognitives, ce qui lui permet en retour, d'améliorer la gestion de ses processus mentaux nécessaires pour appréhender une nouvelle situation d'apprentissage. Parmi les divers facteurs susceptibles de soutenir ce développement, l'utilisation de repères et l'entraînement aux FE semblent des pistes sérieuses et prometteuses. Nous avons également présenté les outils les plus souvent utilisés pour rendre compte des compétences et connaissances métacognitives des enfants de maternelle : CHILD et Mcki.

Enfin dans une dernière partie, nous avons recentré notre propos sur le développement de ces précurseurs de l'autorégulation, tout particulièrement au cours de la période de l'école maternelle afin de rendre compte des liens qui unissent ces concepts déterminants pour l'apprentissage.

PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

L'autorégulation des apprentissages, les fonctions exécutives, et la métacognition, permettent toutes trois d'envisager comment un apprenant contrôle ses pensées et ses actions afin d'atteindre le but qu'il s'est fixé. Entre 2 et 6 ans, de nombreux changements apparaissent qui sont déterminants pour la maturation de l'autorégulation. Des recherches récentes en fournissent des preuves empiriques, grâce notamment à la création d'outils de mesure spécifiques, attestant que même les jeunes enfants sont capables d'autoréguler leurs apprentissages (Dörr & Perels, 2019 ; Jacob et al., 2019 a et b ; Marulis et al., 2020 ; Robson, 2016 ; Roebbers, 2017 ; Whitebread et al., 2009).

Néanmoins, l'autorégulation n'est pas encore complète à cette période, l'enfant ayant encore besoin d'être guidé et accompagné pour atteindre le but visé (*hétérorégulation*) : en témoignent les récents travaux sur la fixation du but (Doebel et al., 2018 ; Lucenet & Blaye, 2019 ; Roebbers et al., 2019). La fixation du but est une étape difficile chez les jeunes enfants. Se fixer un but implique de pouvoir se le représenter, et cela nécessite de s'appuyer sur les indices disponibles dans l'environnement qui signalent quelles sont la tâche, la procédure et l'action à réaliser. Les capacités cognitives (notamment exécutives et métacognitives) des jeunes enfants pour prendre en compte ces indices sont en plein développement, ce qui ne leur permet pas encore de prendre pleinement conscience de tous les aspects d'une situation. De plus, la flexibilité pourrait être plus particulièrement impliquée dans cette étape, puisque se fixer un but pendant une tâche est quelque chose de changeant, le but étant sans cesse réévalué pendant l'exécution de la tâche. S'y intéresser devrait permettre d'apporter un éclairage nouveau sur le développement du fonctionnement exécutif chez l'enfant, et une meilleure compréhension de son implication dans les apprentissages.

Les indices fournis par la tâche ou par l'environnement peuvent aider les jeunes enfants à améliorer leurs performances, pour peu qu'ils aient été entraînés à les repérer. Jouer sur l'aménagement de l'environnement pour traduire le but matériellement dans le milieu de manière très concrète, et expliciter très concrètement le but d'une tâche par l'enseignement de stratégies cognitives (autorépétition, groupement catégoriel) et métacognitives (auto-instruction par verbalisation, guidage par pointage), constituent des pistes prometteuses pour améliorer le repérage et la fixation d'un but chez le jeune enfant (Famose & Margnes, 2016 ; Winne, 1996). Par ailleurs, même si la plupart du temps, les stratégies cognitives entraînent des bénéfices en permettant d'améliorer les performances, il arrive que ce ne soit pas le cas, comme le montre la littérature sur les déficiences d'utilisation (Clerc, 2013 ; Miller, 1990) et les déficiences d'utilisation dues au transfert (t-UD, Clerc & Miller, 2013). Il y a un intérêt réel à entraîner à l'utilisation de stratégies pour diminuer la probabilité de voir apparaître ces déficiences stratégiques, et augmenter ainsi l'efficacité cognitive dans les apprentissages. Pourtant, peu d'études se sont

penchées sur les effets spécifiques du transfert d'une stratégie qui a été entraînée explicitement dans une première tâche. Le transfert d'apprentissages étant le lot quotidien à l'école, cette question mérite d'être étudiée.

Posséder un répertoire de stratégies et y être entraîné est une condition nécessaire, mais néanmoins non suffisante, pour autoréguler son apprentissage. Encore faut-il que les apprenants puissent opérer un choix pertinent dans ce répertoire. Les caractéristiques personnelles et contextuelles en situation d'apprentissage entrent aussi en jeu pour s'autoréguler. Des recherches de plus en plus nombreuses ont permis de rendre compte des liens théoriques et empiriques qui unissent les FE et la métacognition, et il apparaît nécessaire d'inclure ces deux concepts fondamentaux dans toute approche théorique des apprentissages chez l'enfant. La maturation des FE serait déterminante pour le développement des capacités métacognitives et l'autorégulation des apprentissages dès le plus jeune âge. En effet, l'autorégulation des apprentissages implique de naviguer entre les obstacles et les distractions pour atteindre le but visé (Cosnefroy, 2011), ce qui suppose que l'enfant exerce un contrôle sur ses processus cognitifs engagés dans l'apprentissage. Un tel contrôle est permis par les FE qui constituent la part cognitive de l'autorégulation, et par la métacognition qui contribue au contrôle et au monitoring de son comportement. Les FE et la métacognition peuvent donc être envisagées comme des précurseurs de l'autorégulation des apprentissages.

OBJECTIFS DE LA THESE :

Ce travail vise à éclairer les relations entre autorégulation des apprentissages, fonctions exécutives, et métacognition chez les jeunes enfants. Il s'agit de déterminer quels sont les processus à l'œuvre dans le choix des buts d'apprentissage, et quelles contraintes internes et externes de régulation peuvent agir dessus, afin d'améliorer la compréhension développementale des progrès observés. Nous supposons que les capacités individuelles de flexibilité cognitive et de métacognition sont impliquées dans la capacité d'enfants de 3 à 7 ans à s'autoréguler, à s'adapter aux modifications de l'environnement, et à planifier leur action pendant la réalisation d'une activité. De plus nous nous attendons à retrouver des liens spécifiques entre ces deux composants, le fonctionnement exécutif prédisant la métacognition.

Les enfants les plus flexibles seraient aussi les plus métacognitifs et seraient meilleurs pour s'autoréguler en se fixant un but et en utilisant les bonnes stratégies. En effet, les stratégies cognitives sont déterminantes pour s'autoréguler et atteindre le but visé. Nous supposons qu'entraîner de jeunes enfants à utiliser des stratégies pertinentes pour une tâche devrait être bénéfique. Nous souhaitons tester l'effet d'un entraînement stratégique explicite : dans quelle mesure ce type d'entraînement peut-il aider des enfants de 4 à 7 ans à repérer dans l'environnement les indices permettant de se fixer un but, et les potentiels bénéfiques peuvent-ils

être retrouvés en situation de transfert ? Nous vérifierons si des différences apparaissent dans ces processus avec l'âge et si la flexibilité et la métacognition peuvent aussi avoir une influence.

Enfin, afin de rejoindre les recommandations des auteurs qui préconisent d'utiliser plusieurs mesures directes et indirectes pour préciser les relations entre ces concepts, un dernier objectif de la thèse est de faire ressortir les spécificités d'outils souvent utilisés dans la recherche auprès des jeunes enfants : trois épreuves de flexibilité cognitive (DCCS ; TRAIL-P ; CTC) et deux outils pour mesurer la métacognition (CHILD ; McKi). Pour cela, nous avons conduit trois études auprès de jeunes enfants.

La première étude (PUZADAPT), de nature longitudinale, nous a permis d'investiguer la fixation du but, première étape de l'autorégulation, chez 106 enfants de 4 à 5 ans. Nous avons cherché à savoir si l'ajout d'une contrainte {prévisible vs imprévisible} pour réaliser un puzzle peut influencer cette étape fondamentale. Nous avons aussi cherché à évaluer le rôle joué par la flexibilité cognitive et la métacognition dans la fixation du but. Un outil ludique et original a été spécifiquement créé pour mesurer le choix de but : les Planches Nounours de Choix de But (PNCB ©). La présentation de cette étude constitue le chapitre 5.

La deuxième étude (STRAFIX) en est un prolongement et nous a permis, chez 58 enfants de 4 ans, de cibler les deux premières étapes de l'autorégulation : fixation du but et déploiement des stratégies. Elle vise à comprendre quels liens unissent autorégulation, FE et métacognition chez le jeune enfant, en testant l'effet d'un entraînement collectif à deux stratégies d'auto-identification des indices (pointage et verbalisation) sur la fixation de buts. L'étude comprend une tâche principale et une tâche de transfert. Nous avons utilisé un matériel familier à forte validité écologique (jeux de cartes) et avons créé des outils spécifiques (indices de règles de tri, planches de règles de tri, grilles de tri). Nous avons aussi pris en compte le poids du fonctionnement intellectuel général et du fonctionnement exécutif global dans ces processus. La présentation de cette étude constitue le chapitre 6.

La troisième et dernière étude (TREFLE), composée de deux expérimentations de nature transversale, s'est intéressée plus particulièrement à la deuxième étape de l'autorégulation : le déploiement des stratégies. Nous avons testé l'implication de la flexibilité cognitive sur la capacité de 140 enfants de 5 à 7 ans à transférer une stratégie mnésique (*autorépétition* ou *groupement catégoriel* selon l'âge), ainsi que sur l'effet bénéfique de cette stratégie sur le rappel. L'étude comprend une tâche principale et une tâche de transfert. Des images matérialisées sous forme de cartes à mémoriser ont été conçues pour cette dernière expérimentation. Cette fois, ce sont principalement les résultats en tâche de transfert qui nous ont intéressés, pour approfondir les connaissances sur la déficience d'utilisation due au transfert (t-UD), phénomène récemment évoqué dans la littérature (Clerc & Miller, 2013). Nous avons voulu savoir si l'entraînement stratégique peut diminuer la probabilité de voir apparaître ce phénomène et augmenter ainsi

l'efficacité cognitive des enfants dans les apprentissages. La présentation de cette étude constitue le chapitre 7.

L'illustration des outils et matériels utilisés pour cette contribution expérimentale se trouve en Annexes (A. matériel de l'étude 1 PUZADAPT ; B. outils communs aux trois études ; C. matériel de l'étude 2 STRAFIX ; D. matériel de l'étude 3 TREFLE). Pour faciliter le repérage du lecteur et donner une vue d'ensemble de cette contribution expérimentale, nous avons repris les principaux éléments de ces trois études dans un tableau récapitulatif figurant en Annexe E.1. Nous avons également synthétisé sous forme de tableau le travail de valorisation qui a été réalisé durant la thèse autour de cette contribution expérimentale (Annexe E.2.). Nous allons maintenant présenter en détail chacune de ces études.

CONTRIBUTION EXPERIMENTALE

CHAPITRE 5 ETUDE 1 : PUZADAPT

EVOLUTION DU BUT AU COURS DE LA REALISATION DE PUZZLES ET ADAPTATION FACE AUX CONTRAINTES DE L'ENVIRONNEMENT

1. Contexte et objectifs de l'étude

1.1. Contexte de l'étude et problématique

La fixation d'un but est une étape importante de l'autorégulation des apprentissages qui est particulièrement difficile pour les jeunes enfants. Pour eux, un but reste fragile car il est sensible aux indices disponibles dans l'environnement sur lesquels ils vont s'appuyer pour réaliser une tâche. En effet, se fixer un but implique une analyse précise de la tâche à effectuer, ce qui exige à la fois une compréhension correcte de celle-ci et de ses contraintes, mais aussi une évaluation de sa difficulté. De plus, s'adapter aux contraintes nécessite parfois de changer de but, ce qui implique des capacités de contrôle assurées par les fonctions exécutives (FE) ainsi que des capacités de réflexion et d'analyse permises par la métacognition. La représentation du but tient ainsi un rôle central dans le contrôle exécutif, et elle implique la mobilisation conjointe de compétences exécutives et de connaissances conceptuelles (Chevalier et al., 2014). Par ailleurs, le développement du contrôle cognitif passerait par trois transitions qui marquent le passage d'un mode de contrôle réactif, instinctif et dépendant des signaux de l'environnement, à un mode proactif, plus réfléchi et anticipé (Braver, 2012 ; Munakata et al., 2012). Tout d'abord, le jeune enfant a tendance à s'appuyer sur des objets concrets pour se représenter un but (Chevalier et al., 2017). Il peut d'ailleurs être plus facilement distrait par des informations sans rapport avec la tâche lors d'un changement de règles, et ce, même lorsqu'un conflit de réponse est totalement absent (Blakey et al., 2016). La première transition consiste à ce qu'il passe progressivement à des buts de plus en plus abstraits et plus robustes face à la distraction, contribuant ainsi à un meilleur contrôle de son comportement. Cependant, le contrôle réactif peut être plus adaptatif lorsque les ressources sont limitées, et les enfants qui ne sont pas passés au contrôle proactif, plus coûteux, peuvent mieux réussir dans ces circonstances (Munakata et al., 2012). Si l'enfant sait qu'un changement va se produire il pourrait se comporter différemment.

La flexibilité mentale pourrait jouer un rôle particulier, puisqu'un manque de flexibilité pourrait être à l'origine de difficultés pour identifier le but de la tâche à partir des indices environnementaux et pour se fixer un but personnel clairement défini. Par ailleurs, quand l'environnement impose un changement de but, la métacognition pourrait également être mobilisée (Roebbers, 2017). Les processus métacognitifs se développent lors de la confrontation aux tâches cognitives, quand l'apprenant adopte une attitude réflexive sur son fonctionnement, ce qui lui permet de réfléchir sur ses actions et leurs conséquences et modifier ces actions le cas échéant (Efklides, 2011, 2014). Ainsi, les conditions de l'environnement peuvent être déterminantes, et la prévisibilité d'un

changement pourrait être impliquée dans les capacités d'un jeune enfant à se fixer un but, tout comme la flexibilité et la métacognition.

Nous avons cherché quelle tâche serait plus particulièrement appropriée à de jeunes enfants et permettrait de rendre compte de cette capacité d'adaptation face à un changement. Nous avons opté pour le puzzle. En effet, c'est un jeu familier des jeunes enfants, que l'on retrouve aisément dans les classes de maternelle. Il présente de nombreux intérêts tant sur le plan moteur (coordination oculo-manuelle, motricité fine, compétences spatiales), que sur le plan du raisonnement en soutenant l'usage de stratégies de résolution de problèmes et des compétences mathématiques spécifiques (Aral et al., 2012 ; Doherty et al., 2020 ; Levine et al., 2012). Réaliser un puzzle est une tâche difficile qui demande des capacités d'adaptation, du temps et des efforts, car elle implique de la ténacité pour pouvoir aller au bout (Cordier & Pestel, 1986). Autrement dit, cette activité mobilise des processus liés à l'autorégulation. Par ailleurs, elle fait essentiellement appel à des processus cognitifs visuo-spatiaux, ce qui limite l'utilisation des processus langagiers, connus pour donner lieu à d'importantes différences interindividuelles chez de jeunes enfants. Par ailleurs, la réalisation d'un puzzle pourrait aussi mobiliser les FE et la métacognition. En effet, tout en construisant un puzzle, un enfant peut vérifier la correspondance sur l'image-modèle (*surveillance/monitoring*) et apporter les ajustements nécessaires à la construction (*contrôle*) et l'assemblage des pièces (Marulis et al., 2020). Les premiers signes de contrôle métacognitif ont été retrouvés vers 3-4 ans en situation de jeu (Destan et al., 2014 ; Roebbers & Spiess 2017) et plus particulièrement face à un puzzle (Sperling et al., 2000). Enfin, réaliser un puzzle implique de comprendre qu'une image sera produite une fois que les différentes pièces seront assemblées et combinées, ce qui relie ainsi cette activité au développement métareprésentatif (Doherty et al., 2020). Par ailleurs, des études ont montré que la flexibilité est impliquée dans la représentation spatiale et la réalisation de dessins (Ebersbach & Hagedorn, 2011 ; Picard, & Vinter, 2005). Ainsi, on peut supposer que la flexibilité est nécessaire à cette activité complexe qu'est la réalisation d'un puzzle.

1.2. Objectifs et hypothèses de recherche

Se fixer un but est une étape particulièrement difficile pour les jeunes enfants qui s'appuient sur les indices de l'environnement pour y parvenir. Ainsi, le but fixé est fragile et pourrait être influencé par des contraintes présentes dans l'environnement (Blakey et al., 2016). Nous avons cherché à savoir si le but que se fixe un jeune enfant peut être influencé par une contrainte présente dans l'environnement. Nous supposons que l'ajout d'une contrainte dans les conditions de réalisation d'un puzzle favorise chez l'enfant un changement de but (H1a). Ainsi, les enfants devraient avoir tendance à changer davantage de but en condition de contrainte par rapport à la condition contrôle. La prévisibilité de la contrainte jouerait aussi un rôle, l'effet de la contrainte sur le changement de but devant être plus marqué en condition de contrainte imprévisible plutôt que prévisible (H1b).

De plus, la flexibilité et la métacognition semblent impliquées dans la fixation d'un but d'apprentissage ainsi que dans la réalisation d'un puzzle, mais à notre connaissance aucune étude ne s'est intéressée spécifiquement à ces liens. Nous avons donc voulu tester l'implication des capacités individuelles de flexibilité et de métacognition dans les modifications de but d'apprentissage suivant l'ajout d'une contrainte dans l'environnement, pendant la réalisation d'un puzzle. La flexibilité permettant de s'adapter en prenant en compte les changements d'une situation pour atteindre un but, nous faisons l'hypothèse que les enfants les plus flexibles seront ceux qui s'adapteront le mieux aux modifications de l'environnement en ne changeant pas de but. Les enfants les moins flexibles auraient plus de difficultés, se laisseraient davantage distraire par les modifications de l'environnement qui viennent perturber la tâche, et in fine changeraient davantage de but (H2a). La supériorité des enfants les plus flexibles devrait s'observer davantage lors d'un changement imprévisible impliquant davantage le mode de contrôle réactif. De plus la flexibilité pourrait être impliquée dans la réalisation du puzzle : les enfants les plus flexibles seraient aussi ceux qui réalisent le mieux le puzzle en assemblant davantage de pièces (H2b).

La métacognition permettant de guider, coordonner, contrôler et/ou modifier les processus cognitifs subordonnés, elle pourrait aussi être impliquée dans le changement de but. Sur le même raisonnement que pour la flexibilité, nous supposons que les enfants les plus métacognitifs devraient s'adapter le mieux aux contraintes, en ne changeant pas de but et plus particulièrement face à une contrainte imprévisible (H3a). La métacognition pourrait aussi être impliquée dans la réalisation du puzzle : les enfants les plus métacognitifs seraient aussi ceux qui réalisent le mieux le puzzle (H3b).

Par ailleurs, des études récentes suggèrent que les FE et la métacognition partagent des trajectoires de développement parallèles et entretiennent une relation dynamique au cours du développement (Marulis et al., 2020 ; Roebers, 2017). La maturation des FE serait déterminante pour le développement des capacités métacognitives (Bryce et al., 2015; Garner, 2009; Roebers, 2017). Nous supposons donc que les capacités de flexibilité prédisent les capacités métacognitives (H4). Les enfants les plus flexibles seraient aussi les plus métacognitifs.

Enfin nous nous attendons à une évolution des performances avec le temps (H5). Ainsi, les différentes performances, (capacité d'adaptation (changement de but), flexibilité, métacognition et réalisation du puzzle) devraient augmenter lors du deuxième point de mesure.

2. Méthodologie

2.1. Participants

Initialement, 106 enfants ($M = 4$ ans 4 mois, $SD = 3,85$, rang 3 ans 8 mois - 5 ans, 57 filles) ont participé à l'étude. Leur origine socio-culturelle était variée. Ces enfants étaient tous

scolarisés en classe de Moyenne Section (MS) d'écoles maternelles situées dans le Nord de la France. Aucun enfant ne présentait de signes de développement atypique, de troubles cognitifs ou des apprentissages selon les jugements formulés par les enseignants des classes fréquentées. Les enfants ont été rencontrés deux fois : à l'automne et au printemps de l'année scolaire. Six enfants ont produit des données incomplètes (changement d'école ou absence à au moins une épreuve) et n'ont donc pas été inclus dans l'échantillon final. Les analyses ont finalement porté sur 100 enfants ($M = 4$ ans 4 mois, $SD = 3,84$; rang 3 ans 8 mois - 5 ans, 54 filles).

2.2. Éthique et déontologie

Les différentes autorités compétentes ont donné leur accord au préalable pour permettre d'accéder aux écoles concernées. Les parents, et dans la mesure du possible les enfants, ont signé un formulaire de consentement disponible en Annexe A.1. L'étude a reçu l'avis favorable du comité d'éthique en sciences comportementales de l'université de Lille disponible en Annexe A.2. (Protocole numéro 2017-2-S55 ; Titre : « *Apprentissages autorégulés et flexibilité mentale chez les jeunes enfants : évolution du but au cours de la réalisation de puzzles et adaptation face aux changements de l'environnement* »).

3. Matériel

3.1. Autorégulation : tâche Puzzle

3.1.1. Puzzle choisi et modalités de réalisation

La tâche utilisée pour cette étude consiste à réaliser un puzzle adapté aux enfants de 4 ans (collection Ravensburger® 6 x 4 ; 26 cm x 18 cm) représentant des personnages connus d'un dessin animé populaire actuel (Paw Patrol®) qui sont mis en scène comme chez Smiley et Dweck (1994). Le puzzle est composé de 24 pièces (16 bords et 8 intérieurs) qui sont présentées à l'enfant en vrac dans le couvercle de la boîte du puzzle. Le modèle du dessin à réaliser (Annexe A.3.) est présenté à l'enfant et on l'interroge pour vérifier sa compréhension de la scène représentée. Il est toujours laissé comme support d'aide à l'enfant de manière bien visible sur son espace de travail. Un support en noir et blanc représentant uniquement l'emplacement des pièces du puzzle, mais sans l'image, est aussi laissé à l'enfant comme guide pour réaliser le puzzle (Annexe A.4). Les enfants ont pour consigne de réaliser le puzzle en assemblant le plus de pièces possible dans le temps imparti. En outre, une tâche de puzzle n'admettant qu'un seul but qui est de finir de le reconstituer, nous avons considéré ici comme but d'apprentissage, la procédure de réalisation que l'enfant comptait utiliser pour assembler le puzzle. Une analyse de la littérature sur le sujet (voir par exemple Aral et al., 2012 ; Cordier & Pestel, 1986 ; Doherty et al., 2020 ; Garcia, 2013 ; Smiley & Dweck, 1994 ; Sperling et al., 2000, 2002) et un prétest auprès de 14 enfants de maternelle ($M = 4$ ans 9 mois ; $SD = 2,95$; rang 4 ans 6 mois – 5 ans 3 mois, 9

filles) avec une grille d'observation que nous avons créée reprenant des comportements typiques de réalisation du puzzle, nous ont permis de distinguer trois procédures distinctes : la procédure *du contour*, la procédure *par contiguïté* et la procédure *aléatoire*. La procédure du *contour*, la plus élaborée, consiste à se baser conjointement sur la structuration spatiale de la scène et la forme des pièces. Cette procédure implique de regarder les formes des pièces pour commencer par les coins et les bords, puis compléter l'intérieur du puzzle. La procédure par *contiguïté*, de niveau intermédiaire, consiste à se baser sur les indices figuratifs qui permettent d'identifier les éléments de la scène visuelle (forme et couleur des personnages et du décor). Cette procédure implique de regarder surtout le modèle, pour commencer par assembler un personnage en particulier, puis tourner autour pour compléter le puzzle. La procédure *aléatoire*, la moins élaborée, consiste à réaliser le puzzle au hasard, sans procédure particulière. Elle implique de prendre les pièces sans plan préétabli puis de tenter de les assembler.

Rappelons que comme une tâche de puzzle n'admet qu'un but qui est de le reconstituer correctement, nous avons considéré comme but d'apprentissage la procédure spécifique de réalisation que l'enfant comptait utiliser pour réaliser le puzzle. Ainsi, certains poursuivaient un but d'apprentissage de la procédure du contour, d'autres un but d'apprentissage de la procédure par contiguïté, et d'autres un but d'apprentissage de la procédure aléatoire.

3.1.2. *Création des Planches Nounours de Choix du But (PNCB©)*

Pour aider à la compréhension de la consigne et pour guider explicitement et concrètement le choix du but, nous avons construit un outil spécifique : les Planches Nounours de Choix du But ('PNCB©' ; Annexe A.5). Il s'agit de trois planches illustrant les trois procédures par une schématisation en trois étapes, reprises dans des vignettes colorées. En effet, il semble que l'utilisation d'informations illustrées aide à la réalisation de puzzle et que cette compétence se développe particulièrement pendant la période préscolaire (Doherty et al., 2020). Chacune des procédures correspond à un Nounours d'une couleur spécifique à laquelle nous nous référons pour simplifier la démarche. Pour le codage des données, nous avons adopté un code numérique basique pour faire correspondre un numéro à chaque planche, soit à chaque procédure : Planche Nounours Bleu, procédure contour = 1 ; Planche Nounours Jaune, procédure contiguïté = 2 ; Planche Nounours Vert, procédure aléatoire = 3. Juste avant que l'enfant ne commence, l'expérimentatrice explique qu'il existe trois procédures pour faire un puzzle. Les PNCB sont utilisées comme support pour expliquer à l'enfant ces procédures. « *Tu vois il y a souvent trois façons de faire un puzzle : Soit comme Nounours Bleu, il regarde les formes des pièces. Il commence par les coins et les bords (les pièces correspondantes à bords lisses sont montrées) puis il complète l'intérieur du puzzle. Soit comme Nounours Jaune, il regarde surtout le modèle. Il commence par un personnage en particulier puis il tourne autour pour compléter le puzzle. Soit comme Nounours Vert, il fait au hasard. Il prend une pièce au fur et à mesure et la met où il pense qu'elle doit aller* ». Un temps suffisant est laissé à l'enfant pour

lui permettre de bien observer les planches puis on lui demande comment il compte s'y prendre, lui (ou elle), pour réaliser le puzzle. La procédure choisie par l'enfant constitue la variable dépendante « but d'apprentissage » (VD1). Les planches sont ensuite cachées et le chronomètre est déclenché. L'enfant a 12 minutes maximum pour assembler le plus de pièces possible. Pour rendre compte des capacités de réalisation du puzzle, le nombre de pièces correctement placées est noté (VD2) ainsi que le temps de réalisation du puzzle si l'enfant arrête avant les 12 minutes imparties (VD3).

3.2. Flexibilité cognitive

Nous avons utilisé deux tests de flexibilité, pour deux raisons. D'une part, nous voulions pouvoir mesurer deux aspects de la flexibilité pour accéder aux rôles respectifs de la flexibilité conceptuelle (DCCS illustré en Annexe B.1) et du *switching* attentionnel (TRAIL-P illustré en Annexe A.6.). Bien que ces deux types de processus renvoient tous deux à la fonction exécutive de flexibilité cognitive, les processus sous-jacents semblent différents et pourraient jouer des rôles distincts dans l'autorégulation, en particulier pour s'adapter aux changements de l'environnement lors de la fixation du but. L'utilisation de ces deux épreuves devrait fournir des informations sur les liens qui unissent ces processus. De plus, le degré de concordance entre les deux épreuves de flexibilité utilisées ici n'a jamais été testé à notre connaissance. Or, il est important de déterminer dans quelle mesure les performances aux deux épreuves sont corrélées entre elles, ce qui permettra d'estimer l'intensité du recouvrement des processus impliqués par ces épreuves.

3.2.1. Le Dimensional Change Card Sort (DCCS)

Nous avons tout d'abord utilisé l'épreuve incontournable pour mesurer la flexibilité chez le jeune enfant et sûrement la plus utilisée : le *Dimensional Change Card Sort* (DCCS, Frye et al., 1995). Nous avons présenté en détail cette épreuve dans notre dernier chapitre théorique. Elle se présente comme un jeu de tri de cartes avec alternance des règles de tri. Le changement de règles est annoncé de manière explicite, les règles sont répétées avant chaque essai pour limiter le poids de la mémoire de travail. Les enfants ne reçoivent aucun feedback. Nous avons choisi la version DCCS cadre (*'border version'*, Zelazo, 2006) qui comporte une troisième et dernière phase, où de nouvelles cartes comportant un cadre noir qui entoure l'item dessiné (lapin ou bateau) sont introduites. Le cadre symbolise un jeu précis et les règles qui vont avec : le jeu des couleurs. S'il n'y a pas de cadre entourant l'item (comme dans les phases précédentes) l'enfant doit jouer au jeu des formes. Cette troisième phase comprend douze essais et le score à l'épreuve est calculé uniquement sur ces douze essais. Cette version cadre n'est proposée que si l'enfant a obtenu un score total en Pré et Post Switch ≥ 10 , ce qui revient à obtenir au moins 5/6 en Pré Switch et 5/6 en Post Switch (deux erreurs maximum). Sinon, il obtient un score de 0/12. Dans la mesure où un effet plafond est souvent retrouvé avec la version classique du DCCS à partir de 4 ans, cette version cadre plus complexe nous paraissait plus appropriée ici.

3.2.2. Le Test de Traçage de pistes (TRAIL-P)

Afin d'appréhender plutôt l'aspect perceptuel de la flexibilité, il est préférable de s'orienter vers les tests de traçage de pistes : c'est pourquoi le second test utilisé dans cette étude est le Test de Traçage de pistes TRAIL-P © tiré de la batterie BEFEX-P 4.0 de Monette et Bigras (2015). Ce test au format papier-crayon se compose de trois planches test et de trois planches d'entraînement, toutes au format A4. Une planche de présentation est également prévue pour expliquer l'épreuve. Elle représente une famille de souris et des fromages. On explique à l'enfant que cette famille souris se compose du bébé, de la sœur, du frère, de la maman et du papa souris. Chacun a une couleur et une taille qui lui est propre et chacun a un fromage de la même couleur et de la même taille que lui. Ce support est caché après avoir été montré, si bien que l'enfant n'a plus ce modèle sous les yeux ensuite. L'épreuve comporte trois conditions.

Dans la première condition (contrôle), seules les cinq souris sont présentes et l'enfant doit les relier dans l'ordre croissant, de la plus petite souris à la plus grande, en traçant un trait au crayon. Dans la deuxième condition (planche test 2), les mêmes cinq souris sont représentées mais on trouve également les cinq morceaux de fromage de taille et de couleur identiques à celles des souris correspondantes. L'enfant doit à nouveau les relier dans l'ordre croissant, de la plus petite souris à la plus grande, mais en alternant avec le fromage correspondant avant de passer à la souris suivante. Dans la troisième condition (planche test 3), l'enfant doit effectuer la même tâche que dans la deuxième condition, mais des stimuli distracteurs tels qu'un lapin, une carotte, un singe et une banane sont également présents. Pour chaque condition, l'évaluateur fait une démonstration et laisse le temps à l'enfant d'assimiler la consigne. Ensuite, il laisse l'enfant faire un essai et corrige toutes ses erreurs. Finalement l'enfant exécute le tracé. Quelle que soit la condition, les erreurs sont immédiatement signalées et corrigées en faisant reprendre l'enfant à partir du dernier emplacement correct. Les scores rapportés sont, pour chaque condition, le temps nécessaire pour terminer la tâche et le nombre d'erreurs commises. On peut distinguer trois types d'erreur : 1) *l'erreur de persévération* (erreur intra) quand l'erreur porte sur la même catégorie : Souris vers Souris ou Fromage vers Fromage ; l'enfant ne change pas de catégorie ; 2) *l'erreur d'alternance* (erreur extra) quand l'erreur porte sur l'autre catégorie : Souris vers Fromage ou Fromage vers Souris mais dans le mauvais ordre de grandeur ; 3) *l'erreur intrusion* (dans la Conditions 3) quand l'enfant relie un distracteur. Le degré de flexibilité est estimé par la différence entre le temps mis pour exécuter la planche test 2 et le temps mis pour exécuter la planche contrôle. Il est également possible de rendre compte de la composante 'Inhibition' avec la planche de test 3 qui comportent les intrus, cependant nous ne nous y sommes pas intéressés ici. Pour notre étude, seule la différence de temps (en secondes) entre les planches 2 et 1 est prise en compte, afin de rendre compte spécifiquement de la composante de flexibilité perceptuelle.

Une telle tâche de switching traduit une dimension plus perceptuelle de la flexibilité qui devrait être associée plus étroitement au changement de but et à l'influence des conditions de réalisation du puzzle, que la tâche du DCCS qui exige la maîtrise d'un système de règles plus complexe traduisant une dimension plus conceptuelle de la flexibilité. Pour cette raison, le TRAIL-P pourrait être un meilleur prédicteur du changement de but que le DCCS.

3.3. Métacognition

Suivant le même raisonnement que pour mesurer la flexibilité, nous avons utilisé deux tests de métacognition afin de rendre compte des deux composantes de cette fonction cognitive et d'en préciser les contours. Pour accéder aux compétences métacognitives procédurales, nous avons opté pour le questionnaire à destination des enseignants CHILD (Annexe B.2) et pour accéder aux métaconnaissances, nous avons choisi l'entretien de connaissances métacognitives McKI (Annexe B.3). Nous avons présenté en détail ces deux outils dans notre dernier chapitre théorique. Ces différentes composantes de la métacognition pourraient jouer des rôles distincts dans l'autorégulation, en particulier pour s'adapter aux changements de l'environnement lors de la fixation du but. L'utilisation des deux devrait fournir des informations sur les liens qui les unissent. De plus, le degré de concordance entre ces deux épreuves de métacognition n'a jamais été testé à notre connaissance. Or, il est important de déterminer dans quelle mesure les performances aux deux épreuves sont corrélées entre elles, ce qui permettra d'estimer l'intensité du recouvrement des processus impliqués par ces épreuves.

3.3.1. La Checklist of Independent Learning Development (CHILD)

Tout d'abord, nous avons utilisé la Checklist of Independent Learning Development pour les enfants âgés de 3 à 5 ans (CHILD 3–5) de Whitebread et al. (2009), que nous avons traduite (Annexe B.2.). Elle se présente comme un questionnaire hétéro rapporté à destination des enseignants, composé de 22 items permettant d'apprécier le comportement de l'enfant à travers une échelle de Likert en 4 points (Jamais = 0 ; Parfois = 1 ; Régulièrement = 2 ; Toujours = 3 points). Le score maximal est de 66. La CHILD permet de rendre compte des capacités globales de métacognition à travers le jugement de l'enseignant. Elle constitue ainsi une mesure indirecte de la métacognition, qui rend compte de son versant procédural (compétences métacognitives). Quatre sous-échelles peuvent aussi être distinguées pour renvoyer à des comportements spécifiques : Emotionnels (/15), Prosociaux (/15), Cognitifs (/21) et Motivationnels (/15). Pour cette étude, seul le score global a été utilisé.

3.3.2. L'Entretien de Connaissances Métacognitives (McKi)

Le deuxième outil que nous avons utilisé s'inspire des travaux de Marulis et al. (2016) puisque nous avons adapté leur Entretien de Connaissances Métacognitives (McKI, Annexe B.3.) à notre tâche puzzle. En s'inscrivant dans la lignée des travaux de Shamir et al. (2009) et de

Whitebread et al. (2007, 2009), ces auteurs ont construit un outil plus dynamique que les méthodes d'observation classique : il s'agit d'un entretien métacognitif qui vise à évaluer précisément les connaissances métacognitives précoces et leur développement chez des enfants de 3 à 5 ans. L'objectif sous-jacent est de comprendre si et comment la métacognition peut prédire l'apprentissage et la réussite scolaire, en proposant une opérationnalisation plus claire des premiers processus métacognitifs.

Le McKI est un entretien postérieur à la tâche qui consiste à réaliser trois (ou quatre pour les meilleurs) constructions de difficulté croissante par assemblage d'éléments en plastique emboîtables. L'entretien est axé sur l'activité réalisée à travers une série de 11 questions qui portent tant sur les connaissances propres à la tâche que sur les connaissances de l'enfant sur lui-même et face à cette tâche (connaissances métacognitives). Ainsi, certaines questions renvoient à la connaissance des personnes (« *Cette construction serait-elle difficile pour un autre enfant de ton âge ?* »), d'autres renvoient aux connaissances portant sur la tâche elle-même (« *La construction serait-elle plus facile si toutes les pièces étaient de la même couleur ?* ») et enfin d'autres questions traitent des connaissances concernant les stratégies (« *Serait-il utile de se parler pendant la construction ?* »). Une autre particularité dans cet entretien est qu'il implique de recourir à une marionnette pour les sept dernières questions. Ainsi, on demande à l'enfant s'il veut bien aider la marionnette à apprendre à « faire des constructions », ce qui facilite les réponses des enfants. Pour chacune des 11 questions, le score peut varier sur une échelle allant de 0 à 2 points, où un score de 0 = réponse pas du tout métacognitive, 1 = réponse partiellement métacognitive, 2 = réponse métacognitive appropriée. Les auteurs proposent aussi un guide de notation du McKI comprenant des exemples de score pour aider à la cotation de manière précise. Le score maximal est de 22. Il s'agit d'une mesure directe qui permet d'affiner les éléments concernant le versant plus déclaratif de la métacognition (métaconnaissances), ainsi que de préciser comment se comporte l'enfant face à une tâche bien précise (« *Wedgit* » : éléments de construction en plastique). Pour notre étude, nous avons repris la même trame, que nous avons spécifiquement adaptée à la tâche de réalisation d'un puzzle : par exemple « *Ce puzzle serait-il difficile pour un autre enfant de ton âge ?* », « *Le puzzle serait-il plus facile si toutes les pièces étaient de la même couleur ?* » ou « *Serait-il utile de se parler pendant le puzzle ?* ». Cet entretien est présenté aux enfants comme un ensemble de questions pour aider l'expérimentatrice à mieux comprendre comment l'enfant a réalisé son puzzle, ces questions ne comprenant pas de mauvaises réponses. Le score maximal est le même que dans la version originale : 22.

Le McKI implique les connaissances métacognitives que possède l'enfant sur la réalisation d'un puzzle, traduisant ainsi une dimension plus conceptuelle de la métacognition et son versant déclaratif. La CHILD rend davantage compte de la capacité des enfants à mobiliser des stratégies d'adaptation, et traduit donc une dimension plus procédurale de la métacognition qui devrait être associée plus étroitement au changement de but et à l'influence des conditions de réalisation du

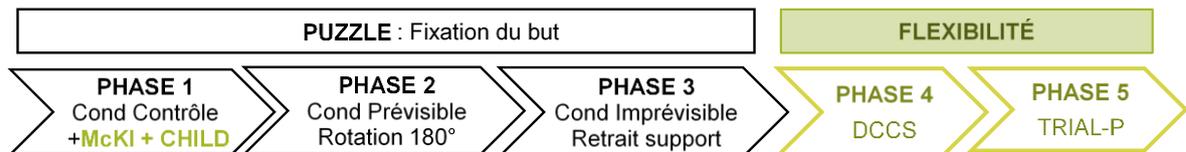
puzzle. Pour cette raison, la CHILD pourrait être un meilleur prédicteur du choix du but que le McKI.

4. Procédure

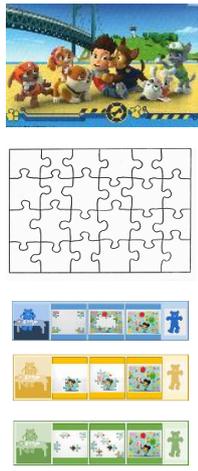
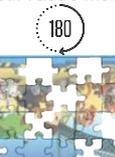
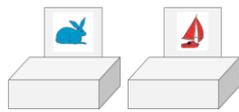
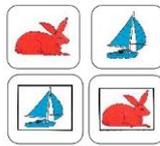
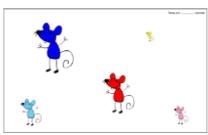
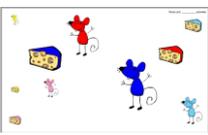
Cette étude comporte cinq étapes : trois étapes avec le puzzle dont une (la première) avec l'entretien métacognitif (McKi adapté), et deux étapes de flexibilité. Le récapitulatif du déroulement de ces étapes est représenté schématiquement dans le Tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2.

Déroulement typique des étapes de l'étude 1 PUZADAPT



Détail des 5 étapes de l'étude

	TACHE PUZZLE			TACHE DE FLEXIBILITE	
Jour	J1 lundi	J2 mardi	J3 jeudi	J4 vendredi	J5 lundi
Etapes	1 Contrôle	2 Contrainte Prévisible	3 Contrainte Imprévisible	6 DCCS	7 TRAIL-P
Matériel	 <p>+ METACOGNITION McKi adapté + CHILD</p>	<p>Retrait grille pour la moitié des participants</p>  <p>Rotation du puzzle pour l'autre moitié</p>  	<p>Rotation du puzzle pour la moitié des participants</p>  <p>Retrait grille pour l'autre moitié</p>  	 	 
Scores relevés	<p>But choisi avec PNCB : {1 ; 2 ; 3} avant de commencer</p> <p>Nombre de pièces correctement placées /24</p> <p>Temps mis pour réaliser le puzzle (max 12 min)</p> <p>Score au McKi / 22 Score au CHILD /66</p>	<p>But choisi avec PNCB : {1 ; 2 ; 3} : avant de commencer après la contrainte (4 pièces posées)</p> <p>Nombre de pièces correctement placées /24</p> <p>Temps mis pour réaliser le puzzle (max 12 min)</p>		<p>Nb essai correct à la phase 3 bord /12</p>	<p>Temps (en sec) mis pour réaliser la planche :</p> <p>- 1 (P1) - 2 (P2)</p>

Afin de suivre l'évolution sur une année scolaire, deux points de mesure ont été réalisés : un à l'automne en début d'année scolaire et l'autre au printemps, en milieu d'année soit environ six mois plus tard. Pour les deux points de mesure, les cinq étapes ont été menées entièrement à chaque fois et dans le même ordre.

Lors des trois premières étapes, les enfants étaient confrontés à la tâche puzzle mais dans trois conditions différentes : {Contrôle ; Prévisible ; Imprévisible}. Dans la première étape (Jour 1, condition contrôle), l'enfant réalise le puzzle de manière classique dans les 12 minutes imparties. Aucun feedback ne lui est donné mais il a à sa disposition le modèle du puzzle (Annexe A.3.) et le support d'aide représentant l'emplacement des pièces (Annexe A.4.). Dans les deux autres conditions, une contrainte est ajoutée : {Rotation à 180 ° ; Retrait aide}. Ainsi, dans la deuxième étape (Jour 2, condition Contrainte Prévisible), on annonce à l'enfant qu'il va y avoir un changement. Le puzzle est à nouveau présenté à l'enfant et on lui explique qu'aujourd'hui il va refaire le puzzle mais que cette fois, il va y avoir une contrainte : « *Tu te souviens, nous avons fait ce puzzle hier [Le modèle est placé face à l'enfant de manière bien visible et l'aide représentant l'emplacement des pièces est disposé devant lui] et ici, c'est le modèle pour t'aider à mettre les pièces. Comme hier, tu vas essayer de faire ce puzzle tout seul comme tu peux. Tu peux dire ce que tu veux pendant que tu le fais pour m'expliquer comment tu t'y prends. Moi je vais regarder et noter comment tu fais, mais aujourd'hui je vais ajouter une condition ! Quand tu auras posé quatre pièces, je vais retourner ton puzzle pour qu'il soit à l'envers (Rotation 180° pour la moitié des participants ; Retrait aide pour l'autre moitié) et tu devras essayer de le faire comme ça. D'accord ?* ». Dans la troisième étape (Jour 3, condition Contrainte Imprévisible) aucune indication n'est donnée à l'enfant. On lui signale simplement qu'il doit nous montrer une dernière fois comment il fait le puzzle mais une fois qu'il a posé quatre pièces, la contrainte est mise en place « *Enfin, j'ai changé d'avis. Je vais ajouter quelque chose aujourd'hui aussi ! Je vais enlever ce support d'aide (Retrait du support d'aide pour la moitié des participants ; Rotation 180° pour l'autre moitié) et tu vas essayer de le faire comme ça. D'accord ?* ». Puisque nous avons deux conditions de changement (prévisible/imprévisible) nous avons veillé à avoir aussi deux types de contraintes différentes pour pouvoir contrebalancer un éventuel effet d'ordre.

4.1. Puzzle (étapes 1 à 3)

Tous les enfants passent dans les trois conditions dans le même ordre (Contrôle, Prévisible, Imprévisible). L'ordre de présentation des PNCB a été contrebalancé de manière aléatoire entre les enfants mais chaque enfant a toujours le même ordre. De la même manière, l'ordre du type de contrainte (rotation du puzzle à 180° ou retrait du support d'aide) a été contrebalancé aléatoirement entre les enfants. Ainsi, la moitié a commencé par le retrait en condition prévisible puis la rotation en condition imprévisible ; l'inverse pour l'autre moitié qui a donc commencé avec la rotation en condition prévisible et le retrait en condition imprévisible. A chaque étape, le temps mis pour réaliser le puzzle est relevé (maximum 12 minutes) ainsi que le nombre de pièces

correctement placées (/24). Le choix du but est également relevé à l'aide des PNCB {Nounours Bleu, contour = 1 ; Jaune, contiguïté = 2 ; Vert, aléatoire = 3} juste avant de démarrer le puzzle. Dans les deux dernières étapes, soit pour la condition contrainte prévisible et la condition contrainte imprévisible, le choix du but est aussi relevé une deuxième fois, juste après la modification de réalisation du puzzle (Rotation – Retrait). Nous avons ainsi pu comparer si un changement s'était opéré suite à la modification de l'environnement.

4.2. Flexibilité (étapes 4 et 5)

Tous les enfants ont été soumis aux deux tests de flexibilité dans le même ordre. Le premier test de flexibilité (DCCS) est proposé aux enfants à l'étape 4 (Jour 4). Le score retenu est le score obtenu à la phase 3 avec les bords, soit le nombre d'essais corrects sur les 12 (Doebel & Zelazo, 2015 ; Zelazo, 2006). L'ordre des critères de tri a été contrebalancé. La moitié des participants a commencé par le critère couleur puis le critère forme et inversement pour l'autre moitié. Le deuxième test de flexibilité (TRAIL-P) est proposé à l'étape 5 (Jour 5) qui clôture le recueil des données à chaque point de mesure. Le score retenu pour cette épreuve correspond à la différence de temps entre les planches 2 et 1, ce qui se fait classiquement avec les tests de traçage de piste (Espy & Cwik, 2004; Pennequin et al., 2011).

4.3. Métacognition (étape 1)

L'adaptation du McKi est proposée à la fin de l'étape 1 (puzzle réalisé en condition contrôle), une fois que l'enfant a fini son puzzle pour la première fois ou à l'issue des 12 minutes imparties. Le questionnaire enseignant CHILDE est distribué au début de l'étude lors de la prise de contact avec les enseignants pour leur expliquer l'étude. Ces derniers devaient les renseigner au plus tard dans les quinze jours suivant la première étape et ce, à chacun des deux points de mesure.

4.4. Point de mesure 2

Concernant plus spécifiquement le deuxième point de mesure, six mois après le premier, le déroulement et les mesures relevées restent les mêmes. On reprend les cinq étapes : trois étapes avec le puzzle dont une (la première) avec l'entretien métacognitif et deux étapes de flexibilité. Tous les enfants passent à nouveau dans les trois conditions de réalisation du puzzle et toujours dans le même ordre (Contrôle, Prévisible, Imprévisible). Cependant, afin d'éviter un potentiel effet d'apprentissage lié à la répétition de la mesure, deux puzzles ont été utilisés, un pour chaque point de mesure. Ils avaient le même thème (collection Ravensburger ® 6 x 4 ; 26 cm x 18 cm, thème Paw Patrol, Annexe A.3.) et étaient équivalents en termes de difficulté et de nombre de pièces. L'ordre de présentation des puzzles a été contrebalancé de manière aléatoire selon les points de mesure. Ainsi, la moitié des participants a commencé par le puzzle 1 et a eu le puzzle 2 pour le deuxième point de mesure et inversement pour l'autre moitié des participants. L'ordre de présentation des PNCB reste le même qu'au premier point de mesure pour chaque enfant ainsi que l'ordre du type de contraintes (rotation du puzzle à 180° ou retrait du support d'aide)

dans les deux conditions {Prévisible ; Imprévisible}. Ainsi, si l'enfant a commencé par le retrait en condition prévisible puis la rotation en condition imprévisible au premier point de mesure, il retrouve exactement la même configuration lors du deuxième point de mesure. Les mêmes scores qu'au premier point de mesure sont relevés que ce soit pour les trois phases avec le puzzle, l'entretien métacognitif et le questionnaire enseignant ou les deux dernières phases de flexibilité. Le détail des contrebalancements est proposé en Annexe A.7.

5. Résultats

5.1. Plan expérimental et Variables dépendantes

L'étude se décompose en cinq étapes (Tableau 2) : trois étapes avec le puzzle dont une avec métacognition, et deux étapes de flexibilité. Un plan d'expérience 2 (Point de mesure : 1 ou 2) * 3 (Condition de changement : Prévisible, Imprévisible, Contrôle) est utilisé. Plusieurs mesures ont été utilisées comme variables dépendantes, que nous allons maintenant présenter.

Pour rappel, un puzzle n'impliquant qu'un seul but qui est de le compléter entièrement, nous avons considéré que la procédure de réalisation du puzzle choisie parmi les trois proposées à l'aide des PNCB correspond au but d'apprentissage visé par l'enfant. Pour rendre compte de la capacité des enfants à se fixer un but, nous avons relevé la PNCB choisie {Bleu, contour : 1 ; Jaune, contiguïté : 2 ; Vert, aléatoire : 3}. Ce choix du but est relevé juste avant de débiter le puzzle pour les trois conditions. Pour comparer l'incidence de l'introduction des contraintes dans les conditions prévisible et imprévisible, nous avons relevé ce choix de but une deuxième fois juste après la mise en place de la contrainte. Ainsi, nous avons pu déterminer si l'enfant avait changé de but ou non après la modification de l'environnement, en comparant la PNCB choisie avant et après la contrainte. Nous obtenons ainsi une variable catégorielle binaire (1 = changement de but ; 0 = maintien du but initial) correspondant à ce que nous appellerons les scores de changement de but.

Pour rendre compte des capacités de réalisation du puzzle, nous avons utilisé une formule mathématique en prenant en considération à la fois le nombre de pièces correctement placées sur les 24 ainsi que le temps (en secondes) mis pour réaliser le puzzle afin de ne pas pénaliser ceux qui n'auraient pas terminé dans les 12 minutes imparties. Nous avons déterminé un indicateur, en calculant un ratio du nombre de pièces du puzzle correctement placées, obtenu par la formule :

$$\text{Ratio pièces} = (\text{Nombre de pièces correctement placées} / \text{Temps}) \times \text{Nombre de pièces totales}$$

Un enfant qui a réussi à placer les 24 pièces du puzzle en 12 minutes obtient ainsi un score de : $(24/720) \times 24 = 0,80$. S'il n'a réussi à placer que 12 pièces dans les 12 minutes il obtient un score de 0,40. Celui qui en place 6 dans le temps imparti obtient 0,02. Un enfant rapide, qui a réussi à finir le puzzle en 8 minutes obtient lui 1,2. Celui qui a placé les 24 pièces en 10 minutes

a un score de 0,96. Autrement dit, il s'agit d'un score linéaire, de minimum zéro, qui augmente quand la performance s'améliore (placer les 24 pièces du puzzle).

Pour rendre compte des capacités de flexibilité des participants, nous avons également deux scores, un pour chaque test. Pour le DCCS, seul le score obtenu à la phase cadre est retenu. Ce score peut varier de 0 à 12. Pour le TRAIL-P, le score retenu correspond à la différence de temps (en secondes) entre les deux premières planches test. Enfin, et de la même manière, nous avons deux scores de métacognition, un par outil. Pour la CHILD le score varie de 0 à 66. Pour le McKi, le score s'étale de 0 à 22.

Au final, chaque enfant a donc fourni 14 scores différents à chaque point de mesure, soit un total de 2800 scores individuels exploitables qui ont été utilisés pour les analyses statistiques. Ces analyses statistiques ont été réalisées avec Statistica 13.3 ©. Les statistiques descriptives des différentes variables dépendantes sont synthétisées dans le Tableau 3.

Tableau 3.

Statistiques Descriptives des Variables Dépendantes de l'étude 1 PUZADAPT

Variables	POINT DE MESURE 1				POINT DE MESURE 2			
	M	Minimum	Maximum	SD	M	Minimum	Maximum	SD
Ratio nombre de pièces du puzzle								
PuzCtrl pièces	.863	.033	2.727	.738	1.41	.133	3.276	.728
PuzC2 pièces	.958	.033	2.743	.760	1.35	.200	3.200	.637
PuzC3 pièces	1.11	.033	3.117	.776	1.43	.167	3.019	.665
Flexibilité								
DCCS (/12)	4.03	0	10	3.413	6.09	0	12	2.555
TRAIL-P (sec)	62.92	- 174	360	82.384	37.13	- 33	297	49.721
Métacognition								
McKi (/22)	8.88	0	16	3.389	11.36	3	18.50	3.419
CHILD (/66)	36.46	6	59	10.445	44.55	14	66.00	12.704

5.2. Analyses préliminaires

Aucune hypothèse n'a été faite sur un effet de l'ordre de présentation des puzzles ou des contraintes, ni sur l'effet du genre sur les performances de réalisation du puzzle. En premier lieu, nous avons donc voulu vérifier que ces facteurs n'ont pas eu d'effets significatifs. Nous avons réalisé deux Analyses de Variance (ANOVA) avec ces facteurs 2 (Ordre Puzzle) * 2 (Ordre contrainte) * 2 (Genre) sur la moyenne totale des scores au puzzle dans les trois conditions, une pour chaque point de mesure. Aucun effet n'est significatif, ni effets principaux ni effets d'interaction, et ce, quel que soit le point de mesure. Le détail de ces analyses est synthétisé en Annexe A.8. Nous avons donc pu écarter ces éléments pour la suite de nos analyses.

5.3. Influence des contraintes de réalisation du puzzle sur le changement de but

5.3.1. Conditions de réalisation du puzzle et but

Nous avons testé l'influence possible de la condition de réalisation du puzzle (contrainte Prévisible, Imprévisible, Contrôle) sur le changement de but. La Figure 8a ci-dessous représente l'évolution des choix de but des participants en fonction des contraintes de réalisation du puzzle et du point de mesure. Nous avons d'abord considéré le but choisi avant la contrainte pour les conditions Prévisible et Imprévisible.

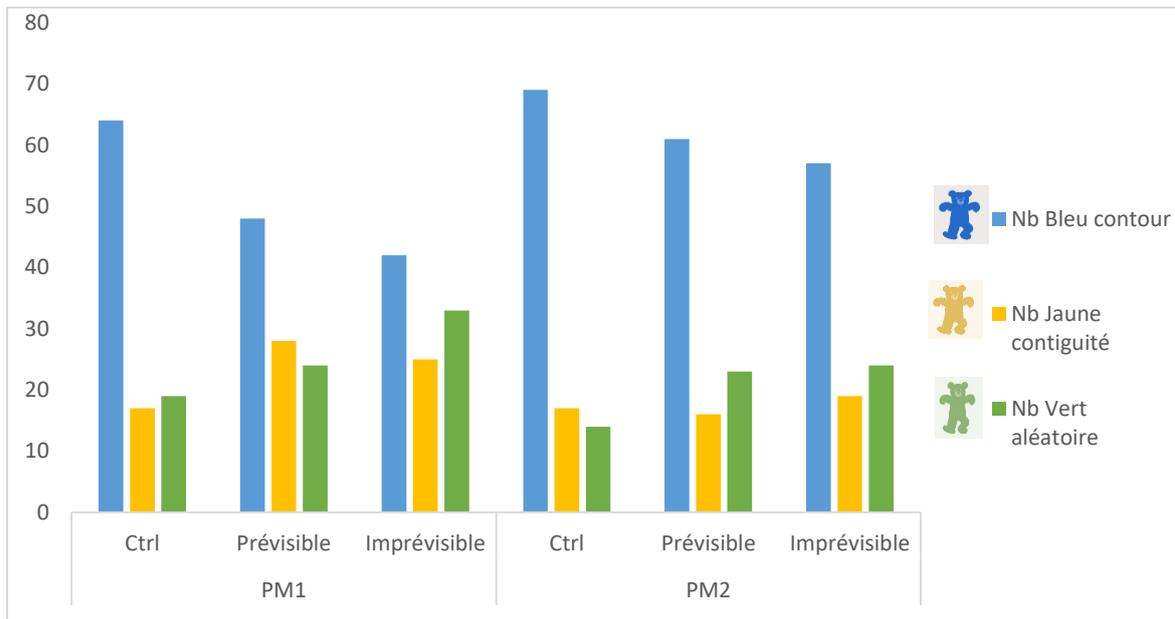


Figure 8a. Evolution du choix des buts recueillis à l'aide des PNCB selon le point de mesure et les conditions (choix de but avant contrainte pour les conditions prévisibles et imprévisibles).

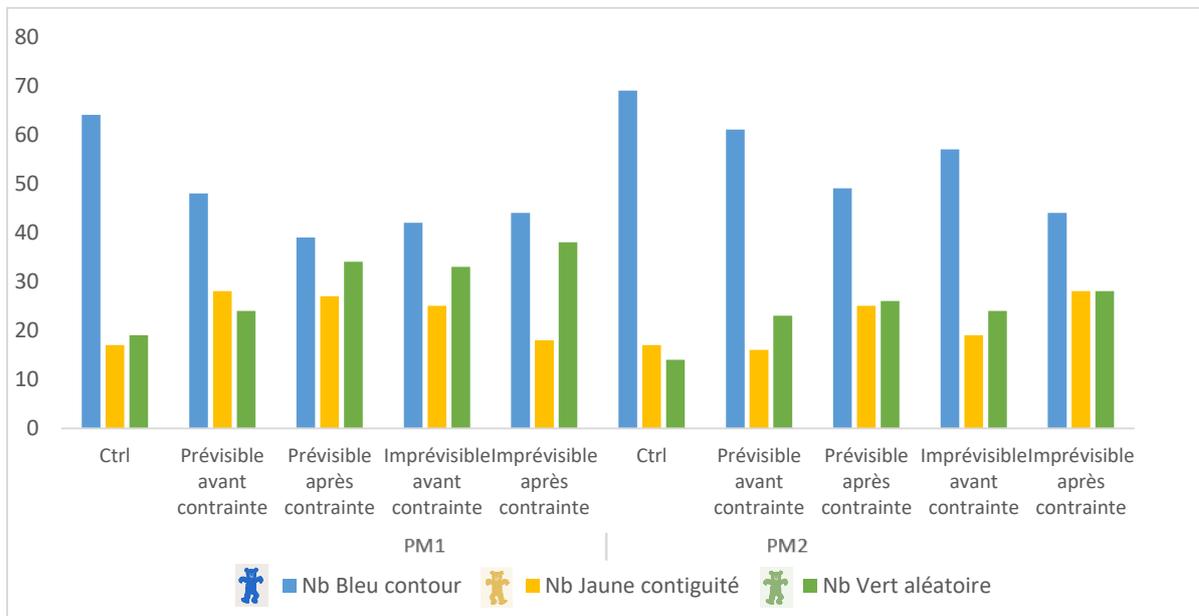


Figure 8b. Evolution du choix des buts recueillis à l'aide des PNCB selon le point de mesure et les conditions, avant et après contrainte.

Nous pouvons constater que la stratégie du contour (Nounours Bleu) est toujours la plus choisie, indépendamment de la condition ou du point de mesure. Nous avons voulu vérifier si ce choix était bien volontaire et nous avons réalisé des tests de Chi 2 de Pearson en fonction des trois conditions de réalisation du puzzle, avant et après la contrainte, et pour les deux points de mesure. Les résultats montrent que la répartition des choix des procédures Nounours n'est pas aléatoire au premier point de mesure : avant contrainte : $\chi^2(df=4) = 11,78, p < .05$ et après contrainte $\chi^2(df=4) = 16,69, p < .01$. Les résultats pour le deuxième point de mesure ne sont pas significatifs avant contrainte, $\chi^2(df=4) = 14,31, p = .35, ns$, mais révèlent une répartition des choix non aléatoire après la contrainte, $\chi^2(df=4) = 14,31, p < .01$. Ainsi, la répartition des choix de la procédure Nounours (choix du but d'apprentissage) diffère selon les conditions de réalisation du puzzle.

5.3.2. Prévisibilité de la contrainte et changement du but

Afin de tester si un changement dans les conditions de réalisation de la tâche peut pousser les enfants à changer de but, nous avons comparé le choix du but d'apprentissage (procédure du contour, par contiguïté ou aléatoire), avant et après l'introduction de la contrainte, pour les deux conditions avec contraintes {prévisible ; imprévisible} et pour les deux points de mesure. Nous obtenons une variable catégorielle binaire {0 = Maintien du But initial ; 1= Changement du But}. Nous avons calculé l'effectif des participants qui changent de but après l'introduction d'une contrainte, et l'effectif des participants qui maintiennent leur but initial après introduction de la contrainte, ceci pour les deux types de contrainte et les deux points de mesure. L'évolution des changements de but en fonction du point de mesure et de la prévisibilité de la contrainte est représentée Figure 9.

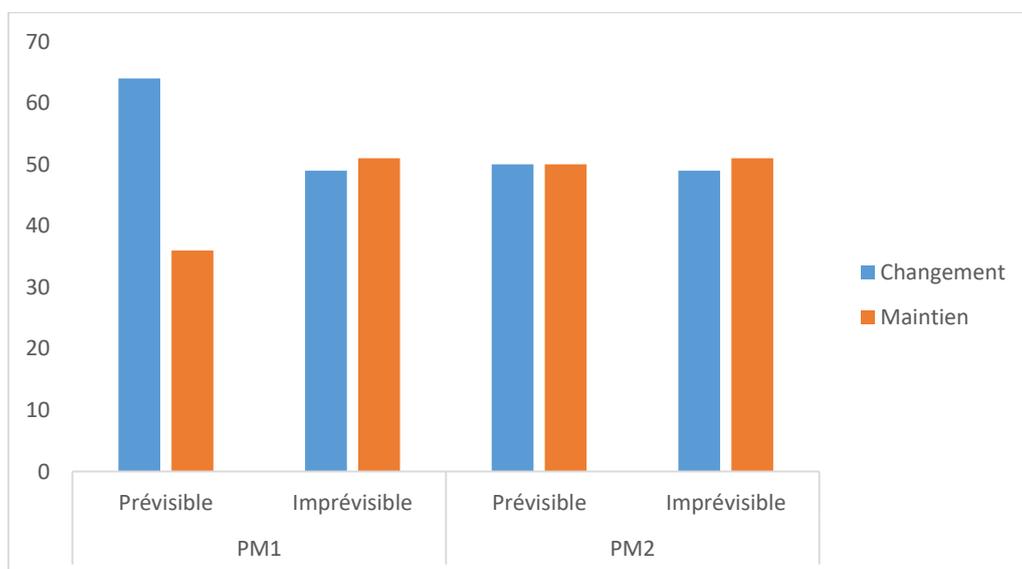


Figure 9. Evolution du changement du but après introduction d'une contrainte environnementale, selon le point de mesure et la prévisibilité de la contrainte.

Au PM1, en condition de contrainte Prévisible, les enfants qui changent de but après contrainte représentent quasiment le double de ceux qui conservent leur but, $n = 64$ et $n = 36$, respectivement. En condition de contrainte Imprévisible, l'écart se réduit considérablement pour obtenir des effectifs quasi équivalents ($n = 49$ changement vs $n = 51$ maintien). Au PM2, les effectifs sont identiques en condition de contrainte prévisible ($n = 50$), et quasi-identiques en condition de contrainte imprévisible, $n = 49$ et $n = 51$ respectivement. En l'espace de 6 mois, les enfants sont davantage capables de maintenir leur but initial plutôt que d'en changer, comme ils avaient tendance à le faire au premier point de mesure en condition prévisible.

Des tests de Cochran ont été utilisés sur le score de changement de but (0 = Maintien du but ; 1 = Changement du but) en condition de contrainte prévisible vs imprévisible, pour les deux points de mesure. Une différence significative apparaît bien au PM1 ($Q (dl = 1) = 6,43, p < .05$) mais plus au PM2 ($Q (dl = 1) = 0,04, p = .85, ns$). Ainsi, au PM1, annoncer un changement environnemental dans la réalisation du puzzle (contrainte prévisible) s'est traduit par un plus grand nombre d'enfants changeant de but d'apprentissage dans la procédure Nounours que d'enfants conservant leur but initial, cette différence n'étant pas retrouvée après un changement environnemental non-annoncé (contrainte imprévisible), contrairement à nos attentes. Au PM2, cet effet n'est retrouvé dans aucune des deux conditions de changement. Ces résultats soulignent la sensibilité des enfants au changement lorsqu'ils étaient rencontrés en début d'année scolaire, et une atténuation de cette sensibilité quelques mois plus tard.

5.4. Influence de la Flexibilité

5.4.1. Flexibilité et changement de but

Des analyses de régression logistique (Logit) nous ont permis de tester le lien entre la flexibilité et le changement de but en fonction de la prévisibilité de la contrainte (Tableau 4).

Tableau 4.

Effet des scores de flexibilité sur les scores de changement de but (régression logistique) - étude 1 PUZADAPT

Prédicteur	PM1				PM2			
	Cond Prévisible Wald Stat	p	Cond Imprévisible Wald Stat	p	Cond Prévisible Wald Stat	p	Cond Imprévisible Wald Stat	p
DCCS PM1	.014	.906	.001	.975				
DCCS PM2					.953	.329	5.789	.016*
TRAIL-P PM1	.003	.959	3.637	.057♦				
TRAIL-P PM2					1.070	.301	.011	.915

Notes concernant les seuils de significativité :

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; ♦ tendance significative $.05 < p < .10$

Au premier point de mesure (PM1), seules les performances au TRAIL-P ont révélé une tendance significative pour prédire le changement de but en condition imprévisible ($W = 3,64, p = .057$) mais plus ensuite, ni en condition prévisible. Au second point de mesure (PM2), seules les performances au DCCS se sont révélées significativement prédictives du changement de but en condition imprévisible ($W = 5,79, p < .05$). Ainsi, les capacités individuelles de flexibilité sont

impliquées pour faire face à un changement, mais uniquement imprévisible. Ces résultats renforcent l'idée de l'existence de sous-processus distincts dans la flexibilité qui n'apparaissent pas au même moment dans le développement et qui n'entraînent par conséquent, pas les mêmes possibilités dans le comportement. Les capacités de flexibilité conceptuelles (DCCS) seraient plus tardives (significatives au PM2) que celles perceptuelles (TRAIL-P significatives au PM1).

5.4.2. Flexibilité et réalisation du puzzle

Pour tester l'influence de la flexibilité sur la réalisation du puzzle, nous avons réalisé des analyses de régression multiples. Afin de déterminer le poids potentiel des deux types de flexibilité, nous avons conduit deux analyses de régression multiples pas à pas, sur les scores puzzle dans les trois conditions, avec comme prédicteurs les scores obtenus aux deux tests DCCS et TRAIL-P et ce, pour chacun des deux points de mesure. Les résultats sont regroupés dans le Tableau 5.

Tableau 5.
Effet des scores de flexibilité sur les scores puzzle (régression multiple pas à pas) - étude 1 PUZADAPT

Prédicteur	PM1				PM2			
	β	R^2 Ajusté	F	p Exact	β	R^2 Ajusté	F	p Exact
Flexibilité x Puzzle								
<i>Condition</i>								
<i>Prévisible</i>		.11	6.86	.00**		.08	5.53	.01**
DCCS	.31***				.22*			
TRAIL-P	-.14				-.21*			
<i>Imprévisible</i>		.06	4.43	.01**		.09	6.07	.01**
DCCS	.23*				.25**			
TRAIL-P	-.16				-.19*			
<i>Contrôle</i>		.05	3.78	.03*		.07	4.88	.01**
DCCS	.22*				.20*			
TRAIL-P	-.14				-.21*			

Notes concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

Les analyses ont été menées séparément pour chaque condition et chaque point de mesure mais pour faciliter l'interprétation des analyses, nous les avons regroupées dans le même tableau.

Au PM1, un effet est retrouvé en faveur du DCCS, $F(3,95) = 3,56$, $p < .05$, η^2 partiel = 0,10. Ceci est vrai pour chaque condition : condition prévisible ($F(2,97) = 6,86$, $p < .01$, R^2 ajusté = 0,11), condition imprévisible ($F(2,97) = 4,43$, $p < .01$, R^2 ajusté = 0,06), condition contrôle ($F(2,97) = 3,78$, $p < .05$, R^2 ajusté = 0,05). Aucun effet prédicteur significatif n'est relevé pour le TRAIL-P.

Au PM2, on retrouve un effet avec les deux mesures de flexibilité, le DCCS ($F(3,95) = 2,40$, $p < .05$, η^2 partiel = 0,07) et le TRAIL-P ($F(3,95) = 1,85$, $p = .14$, ns , η^2 partiel = 0,06). Ceci est vrai pour chaque condition : condition prévisible ($F(2,97) = 5,53$, $p < .01$, R^2 ajusté = 0,08), condition imprévisible ($F(2,97) = 6,07$, $p < .01$, R^2 ajusté = 0,09), et condition contrôle, ($F(2,97) = 4,98$, $p < .01$, R^2 ajusté = 0,07).

En résumé, ces résultats rendent compte d'un effet de la flexibilité sur la réalisation d'un puzzle. De plus, on note une évolution entre les deux points de mesure puisqu'au premier, seul le DCCS permettant plutôt de prendre en compte l'aspect conceptuel de la flexibilité, donne des résultats significatifs et ce n'est qu'au second point de mesure que le TRAIL-P, qui rendrait davantage compte des aspects perceptifs de la flexibilité réactive, donne lui aussi, des résultats significatifs.

5.5. Influence de la Métacognition

5.5.1. Métacognition et changement de but

Comme précédemment avec la flexibilité, nous avons aussi testé le lien entre la métacognition et le changement de but (Tableau 6). Des analyses de régression logistique sur les scores à la CHILD ont révélé un seul effet significatif au PM1 en condition imprévisible ($W = 4,03, p < .05$) mais pas en condition prévisible ($W = 0,40, ns$). Au PM2, aucun effet n'est significatif (en condition prévisible : $W = 0,005, ns$; en condition imprévisible : $W = 0,08, ns$). Ainsi, au PM1, les enfants ayant obtenu les meilleurs scores à la CHILD sont également ceux qui maintiennent le plus de but en condition de contrainte imprévisible. Des analyses similaires avec les scores au McKi adapté comme prédicteurs n'ont rien révélé au PM1 (en condition prévisible : $W = 1,63, ns$; en condition imprévisible : $W = 0,11, ns$). Au PM2, un effet significatif apparaît en condition imprévisible ($W = 5,56, p < .05$) mais pas en condition prévisible ($W = 0,99, ns$). Ainsi, au PM2, les enfants les plus métacognitifs selon le McKi sont également ceux qui maintiennent le plus de but en condition de contrainte imprévisible.

Tableau 6.

Effet des scores de métacognition sur les scores de changement de but (régression logistique) - étude 1 PUZADAPT

Prédicteur	PM1				PM2			
	Cond Prévisible Wald Stat	<i>p</i>	Cond Imprévisible Wald Stat	<i>p</i>	Cond Prévisible Wald Stat	<i>p</i>	Cond Imprévisible Wald Stat	<i>p</i>
CHILD PM1	.396	.529	4.028	.045*				
CHILD PM2					.005	.943	.081	.776
McKI PM1	1.633	.201	.111	.739				
McKI PM2					.990	.320	5.558	.018*

Notes concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

Ces résultats renforcent l'idée de l'existence de sous-processus distincts dans la métacognition, qui n'apparaissent pas au même moment dans le développement, et qui n'entraînent par conséquent pas les mêmes possibilités dans le comportement. Les connaissances métacognitives plus conceptuelles (McKI) seraient plus tardives que les compétences métacognitives procédurales (CHILD). Ces résultats montrent également que les

capacités individuelles de métacognition seraient impliquées pour faire face à un changement imprévisible mais pas un changement prévisible.

5.5.2. Métacognition et réalisation du puzzle

Pour tester l'influence de la métacognition sur la réalisation du puzzle, nous avons réalisé des analyses de régression multiples. Afin de déterminer le poids potentiel des deux versants de la métacognition (déclarative et procédurale), nous avons conduit deux analyses de régression multiples pas à pas, sur les scores puzzle dans les trois conditions, avec comme prédicteurs les scores obtenus aux deux tests, CHILD et McKI et ce, pour chacun des deux points de mesure. Les résultats sont regroupés dans le Tableau 7.

Tableau 7.

Effet des scores de métacognition sur les scores puzzle (régression multiple pas à pas) - étude 1 PUZADAPT

Prédicteur	PM1				PM2			
	β	R^2 Ajusté	F	p Exact	β	R^2 Ajusté	F	p Exact
Métacognition x Puzzle								
<i>Condition Prévisible</i>								
		.15	10.07	.000***		.08	5.17	.01**
McKI	.28**				.21*			
CHILD	.21*				.15			
<i>Condition Imprévisible</i>								
		.11	7.03	.001***		.08	5.01	.01**
McKI	.15				.23*			
CHILD	.27**				.12			
<i>Condition Contrôle</i>								
		.19	12.66	.000***		.07	4.65	.01**
McKI	.31**				.14			
CHILD	.24*				.21*			

Notes concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

Les analyses ont été menées séparément pour chaque condition et chaque point de mesure mais pour faciliter l'interprétation des analyses, nous les avons regroupées dans le même tableau.

Au PM1, les deux scores de métacognition prédisent le score puzzle en condition prévisible ($F(2,97) = 10,07$, $p < .001$, R^2 ajusté = 0,15) et en condition contrôle, ($F(2,97) = 12,66$, $p < .001$, R^2 ajusté = 0,19). En condition imprévisible, seul le score à la CHILD prédit le score au puzzle ($F(2,97) = 7,03$, $p < .001$, R^2 ajusté = 0,11).

Au PM2, on retrouve des effets différents selon les conditions. Le McKI prédit le score au puzzle dans les deux conditions de changement, prévisible ($F(2,97) = 5,17$, $p < .01$, R^2 ajusté = 0,08), comme imprévisible ($F(2,97) = 5,01$, $p < .01$, R^2 ajusté = 0,08). La CHILD prédit le score au puzzle en condition contrôle ($F(2,97) = 4,65$, $p < .01$, R^2 ajusté = 0,07).

En résumé, ces résultats rendent compte d'un effet de la métacognition sur la réalisation d'un puzzle. De plus, on note une évolution entre les deux points de mesure puisqu'au premier, les deux outils donnent des résultats significatifs sauf en condition imprévisible où aucun effet n'est

trouvé avec McKI (connaissances métacognitives), et au second point de mesure, seul le McKI prédit la réalisation du puzzle dans les deux conditions de changement, mais pas en condition contrôle, où c'est seulement la CHILD (stratégies métacognitives) qui donne des résultats significatifs.

Ces résultats suggèrent aussi des liens complémentaires entre l'influence de la flexibilité et la métacognition avec le changement d'environnement, qu'il soit prévisible ou non. Pour rendre compte de ces liens, l'ensemble des effets prédicteurs des deux VD (scores but et scores puzzle), selon les conditions de réalisation du puzzle, en fonction des outils de flexibilité et de métacognition, et des deux points de mesure sont synthétisés dans le Tableau 8.

Tableau 8.

Synthèse des effets prédicteurs de la flexibilité et de la métacognition sur les scores but et les scores puzzle, en fonction des outils et des conditions de réalisation du puzzle, et par point de mesure - étude 1 PUZADAPT

Prédicteur	VD	PM1 (4 ans 4 mois)			PM2 (4 ans 9 mois)		
		Cond Prévisible	Cond Imprévisible	Cond Contrôle	Cond Prévisible	Cond Imprévisible	Cond Contrôle
FLEXIBILITE	Score BUT						
	DCCS	NON	NON		NON	OUI *	
	TRAIL-P	NON	OUI *		NON	NON	
	Score PUZZLE						
METACOGNITION	DCCS	OUI *	OUI *	OUI *	OUI *	OUI **	OUI *
	TRAIL-P	NON	NON	NON	OUI *	OUI *	OUI *
	Score BUT						
	McKI	NON	NON		NON	OUI*	
	CHILD	NON	OUI *		NON	NON	
	Score PUZZLE						
	McKI	OUI **	NON	OUI **	OUI *	OUI *	NON
	CHILD	OUI *	OUI **	OUI *	NON	NON	OUI *

*Notes : Nous avons marqué par une * l'effet significatif du poids du test dans les analyses de régressions multiples pas à pas ascendantes (* $p < .05$; ** $p < .01$).*

Si l'on s'attarde sur le score BUT, on peut remarquer que le DCCS et le McKI partagent le même profil de prédiction, tout comme le TRAIL-P avec la CHILD. Cela est cohérent puisque le DCCS rend compte d'une dimension conceptuelle de la flexibilité et le McKI permet d'évaluer les connaissances métacognitives qui sont nécessaire à la conceptualisation. De la même manière, le TRAIL-P renvoie à une dimension plus perceptive de la flexibilité et la CHILD évalue la dimension procédurale de la métacognition. Cela suggère l'existence de liens entre flexibilité et métacognition. Si l'on s'attarde sur les scores puzzle, on peut noter un profil inverse entre TRAIL-P et CHILD (quand l'un donne un effet, l'autre non) mais les liens entre DCCS et McKI sont moins nets pour ces scores.

5.6. Liens entre Flexibilité et Métacognition

Les analyses précédentes semblent montrer des patterns de résultats similaires ou approchants entre le DCCS (flexibilité conceptuelle) et le McKI (Métaconnaissances), qui

prédisent plutôt bien le choix du but, en condition de changement imprévisible uniquement, à partir du PM2. Les deux autres outils, le TRAIL-P (aspect perceptif de la flexibilité) et la CHILD (versant procédural de la métacognition), semblent eux aussi pouvoir être rapprochés car ils n'ont d'effet significatif sur les scores de changement de but qu'au PM1, et en condition de changement imprévisible uniquement. Ces résultats rendent ainsi compte de capacités de flexibilité conceptuelle plus tardives par rapport à celles perceptives.

Si l'on regarde ensuite les effets avec les scores puzzle, les effets prédicteurs du DCCS sont bons : toutes les conditions et les deux PM. Les résultats avec le McKI ne sont pas aussi bons car ils ne prédisent pas les performances au puzzle en condition imprévisible au PM1, ni en condition contrôle au PM2. On peut enfin noter un profil inversé entre les effets trouvés avec le TRAIL-P et la CHILD sur les scores puzzle. La CHILD prédit bien les performances dans toutes les conditions uniquement au PM1, alors que le TRAIL-P ne prédit bien la réalisation du puzzle qu'à partir du PM2, mais dans les trois conditions.

Nous avons cherché à éclairer les liens existants entre ces deux fonctions cognitives fondamentales que sont la flexibilité et la métacognition. Nous avons rappelé au chapitre 4 que les capacités de flexibilité cognitive pourraient constituer un bon prédicteur des capacités de métacognition. Des analyses de régression simple sur les quatre outils, et aux deux points de mesure, ont été réalisées pour tester les liens existants. L'ensemble des résultats figure dans le Tableau 9.

Tableau 9.

Effet de la flexibilité sur la métacognition (régressions simples) pour les deux PM - étude 1 PUZADAPT

Prédicteur	VD	PM1					PM2				
		β	R^2 Ajusté	F	p	η^2 partiel	β	R^2 Ajusté	F	p	η^2 partiel
DCCS	McKI	.31	.09	10.22	.002**	.09	.38	.14	16.50	.000***	.14
	CHILD	.16	.02	2.62	.11	.03	.32	.09	11.20	.001***	.10
TRAIL-P	McKI	-.17	.02	3.06	.08	.03	-.16	.02	2.65	.11	.03
	CHILD	-.06	-.01	.35	.56	.004	.04	-.01	.18	.67	.002

Notes concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

Les analyses ont été menées séparément pour chaque condition et chaque point de mesure, mais pour faciliter l'interprétation des analyses, nous les avons regroupées dans le même tableau.

L'effet prédicteur de la flexibilité mesurée par le DCCS sur les performances métacognitives évaluées par le McKI a été trouvé au PM1 ($\beta = 0,31$, $F(1,98) = 10,20$, $p < .01$, R^2 ajusté = 0,09, η^2 partiel = 0,09) et au PM2 ($\beta = 0,38$, $F(1,98) = 16,50$, $p < .001$, R^2 ajusté = 0,14, η^2 partiel = 0,14). L'effet prédicteur de la flexibilité mesurée par le DCCS sur les performances métacognitives évaluées par la CHILD n'a été trouvé qu'au PM2 ($\beta = 0,32$, $F(1,98) = 11,20$, $p < .001$, R^2 ajusté = 0,09, η^2 partiel = 0,10). Ceci est donc cohérent avec les résultats trouvés précédemment avec le changement de but et la réalisation du puzzle, où des patterns proches avaient déjà été trouvés entre ces deux outils. Aucun effet significatif n'a été trouvé avec le

TRAIL-P, que ce soit sur les scores au McKi ou au CHILD et ce, quel que soit l'âge. Ainsi, il apparaît que les performances liées à la flexibilité perceptive ne prédisent pas les capacités métacognitives (procédurales ou déclaratives) des jeunes enfants de 4 ans.

Afin de tester la fidélité test-retest des deux outils de flexibilité utilisés, nous avons réalisé une analyse de corrélation sur les scores au DCCS et au TRAIL-P, aux deux points de mesure (Tableau 10). Les résultats révèlent des corrélations modérées significatives pour le même outil entre les deux points de mesure (corrélation entre le score au DCCS au PM1 et au PM2 $r = 0,35$; pour le TRAIL-P, $r = 0,24$). Concernant la corrélation entre les deux outils, les résultats montrent des différences. Ainsi, on obtient une corrélation significative entre le score au DCCS au PM2 avec le score au TRAIL-P au PM1 ($r = -0,20$, $p < .05$) mais pas ailleurs. Ces analyses suggèrent qu'il est possible de considérer distinctement les deux épreuves, qui ne mesurent pas les mêmes processus sous-jacents à la flexibilité (Doebel & Zelazo, 2015), l'un renvoyant davantage aux processus conceptuels et mesurant la précision, et l'autre aux processus perceptifs et mesurant des temps de réaction.

Tableau 10.

Liens entre les outils de flexibilité et ceux de métacognition (corrélations) - étude 1 PUZADAPT

FLEXIBILITE	PM1 DCCS	PM1 TRAIL-P	PM2 DCCS	PM2 TRAIL-P
PM1 DCCS	--	-.10	.35***	-.08
PM1 TRAIL-P		--	-.20*	.24**
PM2 DCCS			--	-.09
PM2 TRAIL-P				--
METACOGNITION	PM1McKi	PM1 CHILD	PM2McKi	PM2 CHILD
PM1McKi	--	.40***	.63***	.36***
PM1 CHILD		--	.34***	.71***
PM2McKi			--	.41***
PM2 CHILD				--

*Notes concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.*

Les analyses ont été menées séparément pour la flexibilité et la métacognition ainsi que pour chaque point de mesure, mais pour faciliter l'interprétation des analyses, nous les avons regroupées dans le même tableau.

Nous avons testé la fidélité test-retest des deux outils de métacognition utilisés. Ainsi, nous avons réalisé une analyse de corrélation sur les scores au CHILD et au McKi adapté, et ce, pour les deux points de mesure (Tableau 10). Les résultats montrent une bonne fidélité des outils entre les deux points de mesure : pour la CHILD la corrélation entre le PM1 et le PM2 est de $r = 0,71$; pour le McKi adapté, la corrélation entre le PM1 et le PM2 est de $r = 0,63$ témoignant ainsi de liens de corrélation forts. Les analyses révèlent également une corrélation significative modérée entre les deux outils, quel que soit le point de mesure. La corrélation au PM1 entre la CHILD et le McKi est de $r = 0,40$; au PM2 elle est de $r = 0,41$. Les deux outils permettent donc de distinguer les mêmes enfants comme étant métacognitifs, même s'ils évaluent des dimensions différentes de la métacognition : le CHILD est une mesure hétéro rapportée des compétences métacognitives (stratégies), alors que le McKi est un entretien en temps réel évaluant les connaissances métacognitives, ce qui les rend complémentaires.

5.7. Effet de l'âge

Nous avons comparé les performances aux deux points de mesure dans nos précédentes analyses. Afin de souligner la progression et l'aspect développemental de nos résultats, nous allons reprendre ici les principaux. Concernant l'impact des conditions de réalisation du puzzle sur le choix du but, les résultats ont montré un effet significatif de l'introduction d'une contrainte pour réaliser le puzzle, par rapport à la condition contrôle, au premier point de mesure : les enfants ont tendance à changer davantage de but en condition de changement prévisible et semblent davantage capables de maintenir leur but initial en condition imprévisible. L'écart n'est plus significatif au second point de mesure, où les enfants qui changent de but ne sont pas plus nombreux que ceux qui le maintiennent et ce, que ce soit en condition prévisible ou imprévisible. Ainsi, ces résultats semblent montrer qu'en l'espace de six mois, des changements apparaissent dans la capacité à se fixer un but et le maintenir. Cette différence développementale pourrait s'expliquer par les capacités individuelles de flexibilité et de métacognition. En effet, nos résultats montrent que la flexibilité et la métacognition prédisent le changement de but lors des deux points de mesure. Elles prédisent aussi toutes deux les scores au puzzle, quels que soient l'âge ou la condition.

Par ailleurs, afin de rendre compte de l'évolution des scores au puzzle, nous avons conduit une ANOVA à mesures répétées 2 (Point de Mesure) * 3 (Condition : prévisible, imprévisible, contrôle) sur les scores au puzzle. L'effet principal du point de mesure est significatif ($F(1,99) = 10,79, p < .001, \eta^2 = 0,10$), le nombre de pièces correctement placées augmente entre le PM1 ($M = 1,07 ; SD = 0,19$) et le PM2 ($M = 1,40 ; SD = 0,11$). Les autres effets ne sont pas significatifs (effet de la condition : $F(2,99) = 0,71, p = .49, ns, \eta^2 = 0,007$; effet d'interaction PM*Condition : $F(2,99) = 0,12, p = .89, ns, \eta^2 = 0,001$).

Enfin, nous avons aussi montré que la flexibilité prédit les capacités métacognitives des enfants, mais différemment selon les outils et les points de mesure. Ainsi, la flexibilité (DCCS aspect conceptuel) prédit les compétences métacognitives (CHILD aspect procédural) mais uniquement au PM2, alors qu'elle prédit les métaconnaissances (McKI) aux deux points de mesure. Pour approfondir les connaissances sur les liens qui unissent ces deux grandes fonctions cognitives au regard du développement, nous avons réalisé des analyses de corrélation entre les scores des différents outils et ce, pour les deux points de mesure. Les résultats figurent dans le Tableau 11.

Tableau 11.

Liens entre la flexibilité et la métacognition aux deux points de mesure (corrélations) - étude 1 PUZADAPT

Variable	PM1				PM2			
	DCCS	TRAIL-P	McKi	CHILD	DCCS	TRAIL-P	McKi	CHILD
DCCS	--	-.10	.31**	.16	--	-.09	.38***	.32***
TRAIL-P		--	-.17	-.06		--	-.16	.04
McKi			--	.40***			--	.41***
CHILD				--				--

Notes concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

Plusieurs effets significatifs ressortent de ces analyses. Ainsi, on trouve une relation positive mais modérée entre les connaissances métacognitives déclaratives (McKi) et les compétences métacognitives procédurales (CHILD), $r = 0,40$, $p < .001$. En revanche, ce lien n'est pas plus fort au second point de mesure comme on pouvait le supposer ($r = 0,41$, $p < .001$). Autre résultat intéressant, une relation positive mais plutôt faible, est trouvée entre la flexibilité (DCCS) et les connaissances métacognitives (McKi) aux deux points de mesure (PM1 : $r = 0,31$, $p < .01$; PM2 : $r = 0,38$; $p < .001$). De plus, une autre relation positive assez faible est aussi trouvée entre la flexibilité (DCCS) et les compétences métacognitives procédurales (CHILD), mais uniquement au second point de mesure ($r = 0,32$; $p < .001$), témoignant d'une évolution des liens qui unissent flexibilité et métacognition dans le temps.

6. Discussion

Cette étude a pour objectif principal d'investiguer les liens entre la flexibilité cognitive, la métacognition et l'autorégulation des apprentissages, lors de la fixation de buts d'apprentissage chez de jeunes enfants. Plus précisément, il s'agissait de tester l'implication de la flexibilité et de la métacognition sur la capacité d'enfants de 4 ans à s'autoréguler, à s'adapter aux modifications de l'environnement, et à planifier l'utilisation d'une procédure spécifique pendant la réalisation d'un puzzle. Nous avons aussi testé si l'ajout d'une contrainte pour la réalisation du puzzle impactait le choix du but et les scores au puzzle.

6.1. Facteurs déterminants dans la fixation du but

Dans notre étude, les enfants étaient confrontés trois fois à un puzzle, dont deux fois avec des contraintes qui impliquent une adaptation. Nous supposons tout d'abord que les conditions de réalisation du puzzle pouvaient faire varier le choix du but des enfants (H1a). Nous avons comparé plus particulièrement deux conditions : celle d'un changement prévisible, où la contrainte de réalisation du puzzle est annoncée préalablement ; et celle d'un changement imprévisible, où la contrainte survient sans avoir été annoncée préalablement. Nos résultats nous permettent de valider cette première hypothèse. En effet, les enfants ne choisissent pas la

procédure de réalisation du puzzle au hasard, ce choix variant selon les conditions de réalisation du puzzle et le point de mesure. La création d'un outil d'identification des stratégies de résolution, spécifique et explicite tel que celui que nous avons créé (PNCB©), semble être une piste intéressante et pertinente pour étudier des processus complexes comme la fixation d'un but chez le jeune enfant.

Cependant, et contrairement à nos attentes, il semble que ce soit l'ajout d'une contrainte prévisible qui perturbe davantage les enfants et les pousse à changer de but. Nous pensions que cela serait davantage le cas en condition imprévisible (H1b) mais dans cette condition, il n'y a plus d'écart significatif entre les enfants qui maintiennent et ceux qui changent de but. Ce résultat peut s'interpréter selon le modèle de développement du contrôle cognitif proposé par Braver (2012). En effet, le jeune enfant a tendance à adopter un mode de contrôle réactif qui se base sur les indices disponibles dans l'environnement. Ainsi, le fait d'annoncer un changement peut être envisagé comme une nouvelle consigne concernant la tâche, qui pousse les enfants à changer de but. On peut supposer que le fait d'annoncer qu'il va y avoir un changement perturbe le traitement de l'information et parasite l'exécution de la tâche. L'enfant peut se dire « *Oh attention ! Bientôt, je vais devoir le faire à l'envers ; comment je vais faire ?!* » et ainsi être davantage focalisé sur ses pensées plutôt que sur le puzzle en lui-même. Ceci est cohérent avec les résultats de Blakey et al. (2016) qui avaient déjà montré que des enfants d'âge préscolaire peuvent être distraits par des informations sans rapport avec la tâche lors d'un changement de règles, et ce, même lorsqu'un conflit de réponse est totalement absent.

Par ailleurs, si l'on regarde ensuite l'évolution entre les deux points de mesure, on peut constater qu'en l'espace de 6 mois seulement, les enfants ont moins tendance à changer de but en condition prévisible comme ils avaient tendance à le faire au premier point de mesure. Ainsi, au PM2, ils sont aussi nombreux à changer de but qu'à réussir à maintenir leur but initial pour réaliser le puzzle. Ce résultat témoigne d'une progression dans la capacité de maintenir un but chez le jeune enfant (H5). En effet, en grandissant, les enfants ont tendance à mieux réguler leur comportement dans des situations complexes (Diamond, 2013 ; Thaqi & Roebers, 2020), en adoptant un mode de contrôle proactif où l'enfant peut davantage anticiper les effets de ses actions. Ceci permet de compléter les résultats déjà apportés par Bordes et al. (2007) dans une tâche de mémorisation de dessin. Dans cette étude, on indique aux enfants qu'ils doivent mémoriser le dessin pour pouvoir le redessiner ensuite. Dans une condition (but congruent) c'est effectivement le cas et dans une autre condition non, il faut finalement retrouver le bon dessin parmi d'autres (but incongruent). Bordes et al. (2007) ont montré que l'adaptation à un changement de but imprévu augmente entre 6 et 8 ans mais n'est réellement opérante que vers 10 ans. Cela pourrait expliquer l'absence d'effet en condition imprévisible dans notre étude. Nous avons ensuite cherché à expliquer ces différences, en étudiant l'impact possible de la flexibilité et de la métacognition sur le choix du but.

Nous supposons que la flexibilité et la métacognition peuvent toutes deux prédire le choix du but (H2 et H3). Nous nous attendions à ce que les enfants les plus flexibles soient ceux qui s'adaptent le mieux aux modifications de l'environnement en ne changeant pas de but, et plus particulièrement face à une contrainte imprévisible (H2a). Cette deuxième hypothèse est validée. La prévisibilité d'un changement semble ainsi déterminante, et liée aux capacités de flexibilité chez les jeunes enfants. Les résultats montrent une influence de la flexibilité sur le choix du but, et uniquement en condition imprévisible, comme nous le supposions. De plus, les résultats sont complémentaires selon les outils de mesure de la flexibilité utilisés. Ainsi, le DCCS prédit bien le choix du but en condition imprévisible mais uniquement au second point de mesure. Le DCCS implique une réflexion sur un système complexe de règles « *si-alors* » hiérarchiquement intégrées et renvoie ainsi à un niveau élevé de complexité cognitive (Zelazo et al., 2003). Cette compréhension conceptuelle de la tâche implique d'anticiper plusieurs points de vue sur la tâche pour choisir la stratégie optimale, indépendamment des signaux de l'environnement. Elle implique ainsi davantage la flexibilité réactive qui se manifeste par un désengagement de l'action, ce désengagement représentant un changement qui n'est pas contraint par la situation, mais au contraire, anticipé par l'individu (Clément, 2006).

Les résultats suggèrent que l'efficience de cette composante conceptuelle de la flexibilité est plus tardive puisqu'il faut attendre le deuxième point de mesure pour que cela permette de discriminer les enfants entre eux, et uniquement face à une contrainte imprévisible. Dans cette condition, le changement est annoncé juste avant de mettre en œuvre la contrainte, ce qui nécessite donc de s'adapter plus rapidement et implique davantage le mode de contrôle réactif dépendant des signaux de l'environnement. En effet, la contrainte qui arrive soudainement en condition imprévisible peut être interprétée comme un nouveau signal qui guide la tâche que l'enfant doit prendre en compte. On peut supposer que le coût engendré par cette précision perturbe le traitement de l'information et conduise les enfants les moins flexibles à se laisser influencer par ce signal, en changeant de but. Dans leur méta-analyse sur le DCCS, Doebel et Zelazo (2015) ont d'ailleurs montré que l'étiquetage verbal (*labeling*) d'une seule ou plusieurs dimensions a globalement un effet facilitateur, mais il peut parfois avoir un effet perturbateur car cela renforce la représentation active des règles en pré-switch, qui en retour, renforce les représentations latentes de ces règles (Yerys & Munakata, 2006). De même, mettre l'accent sur le conflit entre les règles en insistant davantage sur la fin du premier jeu et le fait qu'il faille jouer à un nouveau jeu différent, a tendance à augmenter la flexibilité car cela augmente la réflexion sur la structure hiérarchique de la tâche et l'incompatibilité des règles, suscitant par-là l'activation d'un contrôle top down via la perception du conflit. Les différentes variations existantes de ce test ont également permis de montrer l'importance de la saillance de la dimension en post-switch sur les performances de *switching*, et du degré de séparation spatiale des valeurs dimensionnelles. Les enfants en profitent le plus lorsque la saillance post-switch est augmentée et que les valeurs dimensionnelles sont totalement séparées spatialement. En revanche, les feedbacks, bien

qu'augmentant la conscience explicite des règles en pré-switch, n'ont pas d'effet. Cela témoigne à nouveau, d'une tendance à adopter un mode de contrôle réactif influencé par les signaux de l'environnement, mode de contrôle caractéristique des jeunes enfants.

Les résultats obtenus avec notre deuxième outil, le TRAIL-P, vont dans le même sens puisque seules les performances en condition imprévisible sont prédictives du choix du but, mais cette fois, uniquement au premier point de mesure. Le TRAIL-P renvoie plutôt aux processus perceptifs, avec alternance d'une modalité à une autre. Cette épreuve fait appel à la capacité des enfants à changer d'attention entre les souris et les fromages, ainsi que ne pas se laisser distraire et attirer par les intrus. Elle renvoie ainsi, elle aussi, à la flexibilité réactive qui s'appuie sur les signaux de l'environnement pour réorienter l'attention vers des propriétés jusque-là ignorées. Il est donc cohérent que les résultats à ces deux tests de flexibilité réactive soient liés aux performances en situation imprévisible.

Nous supposons aussi que la flexibilité était mobilisée lors de la réalisation même du puzzle (H2b). Nous nous attendions à ce que les enfants les plus flexibles assemblent plus de pièces. Cette hypothèse a été validée. Nos résultats montrent que la flexibilité évaluée par le DCCS est un prédicteur significatif du nombre de pièces correctement placées, quels que soient l'âge et les conditions de réalisation du puzzle. De plus, la flexibilité évaluée par le TRAIL-P prédit également de manière significative, le nombre de pièces correctement placées, mais uniquement au second point de mesure, quelles que soient les conditions de réalisation du puzzle. Ces résultats révèlent des éléments complémentaires à ceux obtenus avec le DCCS. Ceci ne va donc que partiellement dans le sens de notre hypothèse (H2b) prévoyant que la supériorité des plus flexibles s'observerait davantage en condition imprévisible.

Notre troisième hypothèse concernait l'influence possible de la métacognition sur le choix du but (H3a). Cette hypothèse est validée puisque nos résultats montrent, comme pour la flexibilité, un effet significatif des scores métacognitifs sur le choix du but et uniquement en condition de contrainte imprévisible. A l'instar des résultats avec la flexibilité, des différences apparaissent selon les dimensions de la métacognition considérées. En effet, au premier point de mesure, l'influence de la métacognition sur le choix du but en condition imprévisible ressort significativement avec la CHILD, qui mesure plutôt les compétences métacognitives et le versant procédural (stratégies) de la métacognition. Au second point de mesure, c'est le versant déclaratif (métaconnaissances) mesuré par le McKI qui donne un effet significatif, à nouveau en condition imprévisible. Ces résultats montrent que les deux versants de la métacognition sont impliqués dans la fixation d'un but, face à un changement imprévisible de l'environnement, afin de ne pas se laisser détourner du but visé. Ces résultats révèlent aussi l'implication de la métacognition dans les scores obtenus à une tâche de résolution de problème de type puzzle, et ce dès 4 ans (H3b). Nous obtenons un effet significatif de la métacognition sur le nombre de pièces correctement placées quels que soient la condition et l'âge.

Nos résultats ont également permis de mettre à jour des particularités concernant la nature des deux versants de la métacognition. Ainsi, la dimension procédurale de la métacognition mesurée par la CHILD semble être plus particulièrement impliquées dans la réalisation même du puzzle, puisqu'elle prédit de manière significative le nombre de pièces quels que soient les conditions au premier point de mesure et en condition contrôle uniquement au second. La dimension déclarative de la métacognition mesurée par le McKI quant à elle, prédit significativement la réalisation du puzzle en condition contrôle et prévisible au premier point de mesure. En revanche au second point de mesure, des effets significatifs sont retrouvés dans les conditions de réalisation du puzzle avec contrainte prévisible et imprévisible, mais plus en condition contrôle. Ainsi, avoir de bonnes connaissances métacognitives concernant le puzzle permet de ne pas se laisser perturber par les contraintes quand celles-ci sont annoncées au PM1 et même quand elles sont soudaines (imprévisible) au PM2. Nos résultats rejoignent ceux de Doherty et al. (2020) qui ont également montré que la métacognition est impliquée dans la réalisation d'un puzzle, et ceux de Sperling et al. (2000) qui ont montré que des enfants de 4 ans étaient capables d'utiliser des stratégies et processus métacognitifs dans des tâches comme le puzzle. De plus, ces résultats semblent complémentaires avec ceux révélés par les outils de flexibilité, suggérant l'existence de liens entre flexibilité et métacognition.

6.2. Liens entre flexibilité et métacognition : caractéristiques développementales

Avec notre quatrième hypothèse, nous supposons que la flexibilité pouvait prédire la métacognition des jeunes enfants (H4). Nos résultats permettent de valider cette hypothèse puisque nous avons pu montrer des liens significatifs entre ces deux grandes fonctions cognitives. L'aspect conceptuel de la flexibilité -mesuré par le DCCS- prédit significativement les métaconnaissances (McKI) aux deux points de mesure, et il prédit aussi les compétences métacognitives (CHILD aspect procédural) mais uniquement au second point de mesure. En revanche, il semble que l'aspect perceptif de la flexibilité – mesuré par le TRAIL-P- ne soit pas relié à la métacognition chez les enfants de 4 ans, puisqu'aucun effet significatif n'a été révélé avec cette composante. On peut penser à des difficultés dans l'exécution du geste grapho-moteur, encore approximatif pour certains qui ne le maîtrisent pas encore, et qui pourraient venir parasiter les résultats. Pour approfondir les connaissances sur les liens qui unissent ces deux fonctions cognitives au regard du développement, nous avons réalisé des analyses de corrélation entre les scores des différents outils et ce, pour les deux points de mesure. Nous avons retrouvé une relation significative modérée entre les connaissances métacognitives déclaratives (McKI) et les compétences métacognitives procédurales (CHILD). En revanche, ce lien n'est pas plus fort au second point de mesure comme on pouvait le supposer.

Autre résultat intéressant, une relation positive mais plutôt faible est trouvée entre la flexibilité (DCSS) et les connaissances métacognitives (McKI) aux deux points de mesure. De plus, une autre relation positive assez faible est trouvée entre la flexibilité (DCCS) et les compétences

métacognitives procédurales (CHILD), mais uniquement au second point de mesure. Ces résultats confirment que flexibilité et métacognition sont liées et qu'elles entretiennent des relations différentes avec le temps. Ils complètent ceux apportés récemment par Marulis et Nelson (2020) concernant les connaissances métacognitives évaluées par le McKI, même si les relations que nous avons observées sont moins fortes. Chez ces auteurs, le Mcki a été relié au fonctionnement exécutif mesuré par une autre épreuve souvent utilisée chez les jeunes enfants : le Head-Toes-Knees-Shoulder ('HTKS', Ponitz et al., 2008, 2009). Cette épreuve nécessite de se souvenir des règles (par exemple, « touchez vos orteils ») et de répondre par une action qui est en conflit avec ces règles (par exemple, les enfants doivent toucher leur tête lorsqu'ils entendent la commande « touchez vos orteils »). Ainsi, la mémoire de travail et l'inhibition sont plus particulièrement mobilisées. Dans leur récente étude menée auprès d'enfants âgés de 3 à 5 ans, Marulis et Nelson (2020) ont montré que les FE (HTKS) des jeunes enfants étaient modérément à fortement associées à la métacognition globale, mais qu'elles étaient plus fortement associées aux connaissances métacognitives (versant déclaratif mesuré par le McKI : $r = 0,61, p < .001$), et non pas aux compétences métacognitives procédurales comme ils le supposaient. Selon ces auteurs, cela indique que l'expression de ses connaissances sur les personnes (soi-même et les autres), les tâches et les stratégies (c'est-à-dire la connaissance métacognitive déclarative) peut avoir une importance particulière pour le fonctionnement exécutif pendant cette période de développement rapide que représente la maternelle (de 3 à 5 ans).

Nos résultats confortent ainsi la tendance actuelle qui pousse à envisager l'existence de liens entre les FE et la métacognition (Bryce et al., 2015 ; Follmer & Sperling, 2016) dès la petite enfance (Marulis et al., 2020, Marulis & Nelson, 2020). Ils sont cohérents avec les conclusions de Roebbers (2017) qui considère que les FE jouent un rôle primordial dans le développement de la métacognition chez les enfants de 4-6 ans. Comme le suggèrent Marulis et al. (2020), l'émergence des capacités métacognitives précoces permet aux jeunes enfants de devenir de plus en plus conscients du traitement de l'information, et ce grâce aux FE qui leur permettent de prendre de plus en plus le contrôle sur leur apprentissage. Ils peuvent ainsi adopter une gestion plus proactive des informations de l'environnement concernant la tâche dans laquelle ils s'engagent.

Enfin, notre dernière hypothèse supposait de mettre en évidence une évolution des performances des enfants entre les deux points de mesure afin de rendre compte de certains aspects du développement (H5). Globalement, nous avons montré que les différentes performances évoluent entre les deux points de mesure. Les résultats concernant les compétences spécifiques de réalisation du puzzle révèlent, comme attendu, que les enfants posent plus de pièces au second point de mesure, indépendamment des conditions de réalisation du puzzle. De plus, ils ont tendance à moins changer de but en condition de contrainte prévisible au second point de mesure, se laissant ainsi moins perturber par les signaux changeants de l'environnement. Ils ont aussi amélioré leurs performances aux épreuves de flexibilité et de

métacognition. Nos résultats permettent aussi de préciser la trajectoire développementale de la flexibilité : la flexibilité perceptive mesurée par le TRAIL-P est plus particulièrement mobilisée en condition de contrainte imprévisible, et elle semble apparaître plus tôt puisqu'on observe un effet significatif uniquement au premier point de mesure. La composante conceptuelle de la flexibilité mesurée par le DCCS semble plus lente à se développer, puisqu'on observe un effet significatif uniquement au second point de mesure (et uniquement en condition imprévisible).

Ces résultats témoignent par ailleurs de la spécificité des outils d'évaluation de la flexibilité, qui permettent de distinguer les processus sous-jacents à la flexibilité comme le suggèrent des études antérieures (Clerc et al., 2021 ; Doebel & Zelazo, 2015) : le DCCS permet plutôt de prendre en compte les composants conceptuels alors que le TRAIL-P rendrait davantage compte des aspects perceptifs. Ainsi, il semble que les capacités de flexibilité évoluent en quelques mois, et que leur implication change selon la prévisibilité d'une contrainte dans l'environnement et le type d'outil utilisé pour mesurer ces capacités. Nous apportons ainsi une preuve supplémentaire que la flexibilité peut être mesurée malgré le problème d'impureté des tâches de mesure des FE souvent pointé (Anderson & Reidy, 2012 ; Hendry et al., 2016). Ainsi, la flexibilité est investie différemment selon le type de tâche choisie, comme Ebersbach et Hagedorn (2011) ont pu le montrer dans une étude sur le dessin spatial menée auprès d'enfants de 7 et 11 ans.

Enfin nous avons pu montrer que les deux versants de la métacognition sont impliqués dans la réalisation d'un puzzle dès l'âge de 4 ans. De plus, ce sont d'abord les compétences métacognitives (stratégies ; mesurées avec la CHILD) qui sont davantage impliquées dans le choix du but face à une contrainte imprévisible à 4 ans. Au deuxième point de mesure, c'est le versant déclaratif de la métacognition qui prend le relais, puisque seules les métaconnaissances évaluées par le McKI prédisent significativement le choix du but en condition imprévisible. Ceci rejoint les résultats observés avec les mesures de la flexibilité en confirmant que dans un premier temps, ce sont davantage les aspects perceptifs (TRAIL-P) et procéduraux (CHILD) qui influencent le choix du but face à un changement imprévu alors que six mois plus tard, ce sont les aspects conceptuels (DCCS et McKI) qui font la différence pour expliquer le choix du but. Ces résultats soulignent à nouveau l'importance du développement exécutif pour soutenir le développement métacognitif et favoriser le contrôle de l'activité. La flexibilité et la métacognition peuvent alors être considérées comme des précurseurs de l'autorégulation des apprentissages.

6.3. Perspectives et limites de l'étude

Pour cette étude, nous avons choisi de recourir à la réalisation d'un puzzle. Globalement, les résultats traduisent une progression des capacités de réalisation d'un puzzle chez les enfants âgés de 4 à 5 ans. Nous avons pu montrer que cette activité mobilise aussi la flexibilité (Clément, 2006) et la métacognition (Doerty et al., 2020). Cela offre des pistes intéressantes vers le monde

de l'éducation et la place que pourrait jouer l'enseignant. Nous avons pu montrer qu'avec un support adapté (les PNCB©), un enfant peut se fixer un but de manière explicite. Ceci permet de répondre au manque d'outils spécifiques dans la recherche sur l'autorégulation des apprentissages (Azevedo, 2009 ; Winne, 2005). De plus, ces PNCB nous ont permis d'être au plus près du cheminement de l'enfant puisque nous lui proposons de les utiliser à différents moments du processus d'autorégulation pendant la réalisation de la tâche, et pas seulement au début. Cependant, nous nous sommes intéressés ici tout spécialement à la première étape de l'autorégulation : la fixation du but. L'autorégulation est un processus dynamique et lié à l'ensemble des étapes qui le détermine. Ainsi, même si l'enfant choisit de se fixer tel ou tel but, rien ne garantit qu'il le poursuive réellement. Il serait intéressant dans de futures études de vérifier si l'enfant exécute réellement la procédure choisie. Les PNCB pourraient alors servir d'aide pour se rappeler la procédure visée puisqu'elle est explicitement matérialisée sur la planche. De plus, un adulte pourrait être présent pour accompagner davantage l'enfant dans sa procédure et le guider (Robson, 2010, 2016).

Conclusion

Cette étude visait à mieux comprendre les liens entre autorégulation des apprentissages, flexibilité et métacognition chez des enfants âgés de 4 à 5 ans. Nous avons pu montrer que les conditions de réalisation d'un puzzle pouvaient influencer la fixation du but chez le jeune enfant. Il apparaît que l'ajout d'une contrainte prévisible peut pousser ces jeunes enfants à changer de but en cours de tâche, se laissant ainsi perturber par des changements dans l'environnement. Ce résultat a été montré notamment grâce à la création d'un outil original et spécifiquement créé les PNCB©. Cela conforte la réflexion lancée par de nombreux auteurs (notamment sous l'impulsion des travaux de Whitebread et al., 2009 ou plus récemment de Marulis et al., 2016) quant aux outils et protocoles utilisés auprès d'un jeune public.

En revanche, cette influence de l'ajout d'une contrainte dans le choix du but n'a pas été retrouvée en condition imprévisible, ni au second point de mesure. Dans ces autres conditions, nous avons pu montrer que le choix du but était influencé par la flexibilité et par la métacognition, qui peuvent être envisagées comme des précurseurs de l'autorégulation (Follmer & Sperling, 2016). De plus, nous avons également pu montrer que ces deux fonctions cognitives fondamentales sont impliquées dans la réalisation d'un puzzle. Nos résultats ont pu montrer aussi quels liens les unissent, en montrant le pouvoir prédictif de la flexibilité sur la métacognition.

Enfin, cette étude a également permis de préciser les spécificités de deux outils de mesure de la flexibilité et de deux autres mesurant la métacognition, offrant la possibilité d'affiner là aussi le recours à ces instruments en fonction du protocole et des aspects spécifiques recherchés. Cela rejoint les recommandations actuelles de préférer la combinaison de plusieurs outils ou instruments de mesure pour rendre compte des compétences de jeunes enfants (Boekaerts & Cascallar, 2006 ; Perry & Winne, 2006 ; Perry et al., 2002).

RESUME DU CHAPITRE 5 PUZADAPT

La fixation d'un but est une étape importante de l'autorégulation des apprentissages qui est particulièrement difficile pour les jeunes enfants. Ces derniers ont tendance à adopter un mode de contrôle cognitif réactif qui est sous l'influence des signaux disponibles dans l'environnement. Pour eux, un but reste donc fragile car il est sensible aux changements qui peuvent survenir dans l'environnement et sur lesquels les enfants vont s'appuyer pour réaliser une tâche. Ainsi, la fixation d'un but pourrait être influencée par des contraintes apportées dans l'environnement. C'est ce que nous avons voulu tester ici.

Cette étude menée sur une année scolaire auprès d'enfants de 4 ans a permis de tester l'implication des conditions de réalisation d'un puzzle ainsi que des capacités individuelles de flexibilité cognitive et de métacognition, dans la fixation d'un but d'apprentissage. Les participants ont réalisé deux puzzles, à 6 mois d'intervalle, dans trois conditions (contrôle, contrainte prévisible, contrainte imprévisible). Le choix de but a été mesuré grâce à un outil spécifiquement créé : les Planches Nounours de Choix de But (PNCB©). Deux tests ont été utilisés pour mesurer à la fois les capacités de flexibilité (DCCS et TRAIL-P) ainsi que la métacognition (CHILD et McKi adapté).

Les résultats confirment l'implication des conditions de réalisation du puzzle sur le choix du but : l'ajout d'une contrainte prévisible pousse les enfants à changer de but au premier point de mesure. Face à une contrainte imprévisible, quel que soit le point de mesure, ce sont la flexibilité cognitive et la métacognition qui prédisent significativement le changement de but. On note des différences dans les résultats selon le type d'outils utilisé pour mesurer ces différentes capacités qui rendent compte d'aspects complémentaires laissant suggérer l'existence de liens entre flexibilité et métacognition. Nous avons aussi testé ces liens : il apparaît que la flexibilité prédit significativement la métacognition chez ces jeunes enfants.

Nous discutons les résultats sous l'angle du développement de l'autorégulation des apprentissages, de la flexibilité, de la métacognition, de leur évolution avec l'âge et des liens qui unissent ces processus.

CHAPITRE 6 ETUDE 2 : STRAFIX

STRATEGIE D'AUTO-IDENTIFICATION ET FIXATION DU BUT CHEZ LES JEUNES ENFANTS : UNE ETUDE COMPARATIVE DE L'EFFET D'UN ENTRAINEMENT

1. Contexte et objectifs de l'étude

1.1. Contexte de l'étude et problématique

Notre première étude PUZADAPT s'est intéressée spécifiquement à la première étape de l'autorégulation des apprentissages. Elle a permis de montrer l'implication de la flexibilité et de la métacognition dans la fixation d'un but face à la réalisation d'un puzzle. Nous avons aussi souligné l'importance des conditions de réalisation d'une tâche, puisque nous avons trouvé un impact significatif de l'ajout d'une contrainte prévisible sur le choix du but à 4 ans, grâce à un outil illustrant et explicitant la procédure de réalisation du puzzle visé (les PNCB). Nos résultats ont aussi révélé que six mois plus tard, le choix du but face à une contrainte imprévisible est influencé par la flexibilité et la métacognition. En effet, face à un environnement instable, la flexibilité cognitive permet de changer rapidement de stratégies ou de buts au cours même de la tâche (Cragg & Chevalier, 2012). Elle sous-tend ainsi la capacité d'un individu à se fixer des buts et à les atteindre (Blaye & Chevalier, 2011 ; Hendry et al., 2016) et participe à prémunir les jeunes enfants contre le phénomène de négligence du but.

La négligence du but est étudiée à travers le rôle joué par le repérage du but (*goal cueing*), soit par l'utilisation d'un paradigme de Brown–Peterson (Fitamen et al., 2019) soit dans des tâches de switching (Doebel et al., 2017 ; Yerys & Munakata, 2006) ou des tâches de switching indicées (Lucenet & Blaye, 2019). Ces travaux suggèrent que le contrôle cognitif pourrait être amélioré en entraînant les enfants à apprendre à rechercher les indices perceptifs des actions les plus appropriées pour résoudre une tâche. Cela renvoie à la deuxième étape de l'autorégulation des apprentissages, le monitoring, qui implique l'engagement dans l'activité et le contrôle de l'action par le recours à des stratégies cognitives adaptées. De plus, si les signaux fournis par la tâche semblent aider les jeunes enfants à améliorer leurs performances, la nature de ces signaux et des tâches utilisées détermine leur efficacité. De ce point de vue, l'utilisation de stratégies explicites d'auto-identification du but semble une piste prometteuse, en particulier les stratégies de pointage et de verbalisation du but (Lucenet & Blaye, 2019).

La stratégie de pointage aide les jeunes enfants de 3 à 6 ans à concevoir des représentations externes dans des tâches de mémorisation (Fletcher & Bray, 1996, 1997). Plus récemment, Gordon et al. (2019) ont montré que, face à une tâche de résolution de problème mathématique (tâche Give-N de Wynn, 1992, utilisée pour évaluer la connaissance des nombres et la compréhension de la cardinalité), les enfants d'âge préscolaire utilisent davantage les gestes de pointage à mesure que leur niveau de connaissance des nombres augmente et non pas en raison des changements liés à l'âge. Face à des tâches cognitivement difficiles, les enfants de maternelle s'appuient sur les gestes tel que le pointage comme un soutien. L'utilisation de gestes

présenterait des avantages comme l'allègement de la charge cognitive pendant un apprentissage.

Chez les enfants les plus jeunes, c'est la stratégie de verbalisation qui apparaît utile pour identifier le but de la tâche et réduire les déficits de contrôle de l'action (Doebel & Zelazo, 2015 ; Kray et al., 2008 ; Yerys & Munakata, 2006). Récemment, Doebel et al., (2018) ont confirmé que le discours autodirigé (par exemple étiquettes, éléments répétés, règles de tâche) peut favoriser un contrôle proactif en aidant les enfants à former et à maintenir activement des représentations abstraites robustes et pertinentes (Munakata et al., 2012). Cette étude montre que fournir aux enfants des étiquettes familières pour de nouvelles cibles facilite le suivi des cibles face aux distracteurs, dans une tâche impliquant des changements de buts aléatoires. Comme le soulignent Lucenet et Blaye (2019), la plupart de ces études ont montré des effets bénéfiques moins prononcés de cette stratégie de verbalisation avec l'âge. Ainsi, elle semble particulièrement adaptée auprès des jeunes enfants. Nous pouvons ainsi faire l'hypothèse que faciliter le travail de traduction d'indices en but à atteindre, en ayant recours à une stratégie d'auto-identification du but, devrait permettre d'améliorer cette compétence.

Les stratégies d'auto-identification du but, comme de nombreuses autres stratégies cognitives, devraient pouvoir être entraînées. Une longue tradition de recherche a permis d'établir que l'on peut entraîner les stratégies cognitives avec profit (Bjorklund et al., 1997 ; Diamond & Lee, 2011 ; Fletcher & Bray, 1997 ; Luxembourger et al., 2014). En effet, il a été montré qu'après entraînement, une stratégie est plus fréquemment utilisée et permet un bénéfice accru du fait de sa plus grande efficacité dans la tâche. Ceci est valable pour les stratégies d'auto-identification du but, y compris la verbalisation et le pointage qui ont principalement été testées chez de jeunes enfants comme nous venons de le voir (Lucenet & Blaye, 2019). Cependant, ces études ne cherchaient pas à tester si la stratégie entraînée se généralise à une tâche légèrement différente. L'accent était mis sur la stratégie en elle-même, plutôt que sur son efficacité dans une tâche de transfert. Une question peu explorée est celle du maintien du bénéfice de la stratégie lorsque celle-ci est transférée, c'est-à-dire ré-utilisée dans une tâche différente de celle ayant permis son acquisition ou son entraînement (Clerc & Miller, 2013).

Plusieurs études récentes montrent qu'un tel transfert de stratégie cognitive peut s'accompagner d'une baisse de son bénéfice dans la tâche de transfert (Clerc et al., 2017, 2021 ; Blöte et al., 1999). On peut se demander si une telle baisse d'efficacité stratégique au transfert (t-UD) se manifeste quand la stratégie a donné lieu à un entraînement explicite dans la première tâche. A notre connaissance, une seule étude s'y est récemment intéressée (Clerc et al., 2021). Etant donné la fréquence avec laquelle le transfert d'apprentissages est nécessaire dans la vie courante et en particulier dans le quotidien scolaire des enfants, cette question mérite d'être étudiée. De plus, l'étude spécifique des transferts d'apprentissage est pertinente dans le cadre des apprentissages autorégulés puisqu'il s'agit d'une situation où ce processus complexe est fortement sollicité. Un transfert nécessite en effet d'identifier correctement les conditions de la

tâche et de choisir dans son répertoire stratégiques la stratégie la plus appropriée pour atteindre le but visé (réussir la tâche). Nous avons examiné ce lien dans une étude menée auprès d'enfants de 4 ans.

1.2. Objectifs et hypothèses de recherche

L'objectif principal de cette étude est de tester dans quelle mesure deux stratégies d'auto-identification du but (verbalisation et pointage) peuvent aider des enfants de 4 ans à repérer dans l'environnement les indices permettant de se fixer un but clairement défini. Nous cherchons aussi à vérifier si l'entraînement explicite à utiliser ces stratégies est bénéfique, et si ce bénéfice potentiel se maintient dans une tâche de transfert proche. Cette deuxième étude nous permettra donc de cibler les deux premières étapes de l'autorégulation des apprentissages : la fixation du but et le recours aux stratégies.

Le deuxième objectif est de tester l'implication des fonctions exécutives et plus particulièrement la flexibilité cognitive, et de la métacognition, sur la capacité d'enfants de 4 ans à se fixer un but et à mobiliser efficacement une stratégie d'auto-identification du but. Cela permettra d'éclairer les relations spécifiques entre autorégulation, fonctions exécutives et métacognition chez de jeunes enfants.

Enfin, un dernier objectif est de faire ressortir les spécificités d'outils souvent utilisés dans la recherche auprès des jeunes enfants : une épreuve directe de flexibilité cognitive (DCCS) et un questionnaire hétéro-rapporté pour enseignant du fonctionnement exécutif (CHEXI) ; ainsi que deux outils pour mesurer la métacognition : une mesure directe avec l'entretien de connaissances métacognitives (McKi) et un questionnaire hétéro-rapporté pour enseignant (CHILD). Ceci rejoint les recommandations des auteurs qui préconisent d'utiliser plusieurs mesures directes et indirectes pour préciser les relations entre les concepts (Follmer & Sperling, 2016 ; Marulis et al., 2020 ; Winne & Perry, 2000) et pouvoir comparer les études entre elles.

Nous faisons l'hypothèse que l'entraînement stratégique devrait être bénéfique : faciliter le travail de traduction d'indices en but à atteindre, en ayant recours à une stratégie d'auto-identification du but (verbalisation ou pointage), devrait permettre d'améliorer cette compétence et réduire le coût de l'adaptation de la stratégie à la tâche de transfert. Les enfants entraînés devraient obtenir de meilleurs résultats dans la production de la stratégie et dans la réalisation de la tâche, en tâche principale et en tâche de transfert. Comparativement, les enfants non entraînés pourraient, eux, avoir de moins bonnes performances et présenter davantage de DU et/ou de t-UD (H1).

Nous vérifierons si les enfants les plus flexibles et les plus métacognitifs obtiennent les meilleures performances aux tâches proposées et pour produire et transférer la stratégie entraînée. La flexibilité et la métacognition devraient prédire la fixation du but et le recours aux

stratégies, plus particulièrement lors de la phase de Post-test et lors de la phase de Transfert (H2).

Enfin, nous supposons que le fonctionnement exécutif et la métacognition sont liées et que la flexibilité prédit la métacognition chez ces jeunes enfants (H3).

2. Méthodologie

2.1. Participants¹

Initialement, 58 enfants âgés en moyenne de 4 ans 2 mois ($M = 51$ mois, $SD = 3,37$ mois, 32 filles) ont participé à l'étude. Leur origine socio-culturelle était variée. Ces enfants étaient tous scolarisés en classe de Moyenne Section d'écoles maternelles situées dans le Nord de la France. Aucun enfant ne présentait de signes de développement atypique, de troubles cognitifs ou des apprentissages, selon les jugements formulés par les enseignants des classes fréquentées même si certains pouvaient présenter quelques difficultés au niveau du langage.

Les participants ont été affectés, dans les quatre écoles, soit à un des deux groupes expérimentaux (entraînement à la stratégie de verbalisation ou à la stratégie de pointage du but) soit au groupe contrôle (pas d'entraînement). Le score obtenu aux Matrices Progressives Colorées de Raven (PM47) a été utilisé comme critère afin de rendre les groupes homogènes dans chaque groupe de chaque école.

Finalement, nous avons dû réviser l'échantillon suite aux absences à certaines séances de cinq participants. De plus, il convient de préciser que sur les 58 enfants qui ont participé à l'étude, 4 enfants se sont montrés spontanément stratégiques (avec un score stratégique de pointage et/ou de verbalisation $\geq 12/16$ en Prétest). Cela représente 6,9 % de la population d'étude et confirme que ces stratégies d'auto-identification sont rares et ne sont pas/peu présentes dans le répertoire stratégique d'un enfant de 4 ans. Seuls deux enfants utilisaient spontanément les deux stratégies en même temps. L'objectif principal étant de tester l'impact de l'entraînement stratégique, il n'était donc pas pertinent de garder ces enfants spontanément stratégiques dans notre échantillon d'analyse. Nous avons donc finalement traité les données de 49 enfants, âge moyen 4 ans 3 mois, ($M = 51,24$ mois, $SD = 3,34$ mois, 26 filles). L'enseignante d'une des écoles n'a pas pu remplir le questionnaire CHEXI pour rendre compte du fonctionnement exécutif de ses élèves mais nous avons quand même gardé ces élèves dans l'échantillon final.

¹ *Nous visions initialement de rencontrer au minimum 168 enfants selon les critères déterminés avec G*Power 3.1 avec un seuil alpha .05 et une puissance statistique recherchée de .95 pour une taille d'effet de .25. Malheureusement, la crise sanitaire liée à la COVID19 et le confinement nous ont empêchés de réaliser les passations au printemps 2020 et nous n'avons pu, seule, accéder aux enfants qu'à l'automne 2021. Notre emploi ne nous a pas permis de prolonger ces passations pour obtenir un échantillon plus grand pour la thèse. Nous prévoyons de rencontrer de nouveaux enfants à l'automne 2021 pour aller plus loin et pour pouvoir publier avec un échantillon plus conséquent. Nous avons aussi décroché un financement en répondant à l'appel à projet Inclusion INSPE LNF 2020.*

2.2. Éthique et déontologie

Les différentes autorités compétentes ont donné leur accord au préalable pour permettre d'accéder aux écoles concernées. Les parents, et dans la mesure du possible les enfants, ont signé un formulaire de consentement disponible en Annexe C1. L'étude a reçu l'avis favorable du comité d'éthique en sciences comportementales de l'université de Lille (Protocole numéro 2019-386-S77 ; Titre : « STRAtégie d'auto-identification et FIXation du but chez les jeunes enfants : une étude comparative de l'effet d'un entraînement ») figurant en Annexe C2.

3. Matériel

3.1. Autorégulation : tâche de tri indicé

La tâche proposée consiste en un jeu de tri de cartes. Les cartes proviennent de deux jeux que l'on trouve dans le commerce qui nous ont permis de créer nos deux jeux de cartes. Le premier, le jeu des animaux, comprend certaines cartes du COCOTAKI (Gigamic®) qui représentent différents animaux dans quatre couleurs : rouge, vert, jaune, bleu. Nous avons gardé quatre animaux sur les sept possibles du jeu original : mouton, vache, chien, chat car il s'agit des animaux les plus familiers pour les enfants de notre population. Ces cartes sont utilisées pour la tâche principale pour la moitié des participants et pour la tâche de transfert pour l'autre moitié. Le second jeu, le jeu des formes, comprend certaines cartes du jeu COLOR ADDICT KIDZ (Drôles de jeux ! ®) qui représentent différentes formes dans cinq couleurs : vert, bleu, rouge, jaune et le rose que nous avons exclu ici pour avoir les mêmes critères qu'avec le Cocotaki. Le jeu original comporte huit formes mais nous n'avons gardé que les quatre plus familières pour notre population à savoir : carré, cœur, triangle, rond. Ces cartes sont utilisées pour la tâche de transfert pour la moitié des participants et pour la tâche principale pour l'autre moitié.

Pour chaque jeu, Animaux et Formes, nous avons composé quatre lots différents de seize cartes, deux fois les huit mêmes cartes renvoyant aux deux catégories : la couleur ou l'animal/forme (Annexe C3). Nous avons ajouté sur chaque carte un indice visuel : un papillon qui sert à symboliser le critère de tri. Ainsi, ce papillon se présente sous deux formats, soit en gris pour symboliser le critère « jeux des animaux/formes », soit en couleur pour symboliser le critère « jeux des couleurs ». Des planches illustrant ces règles ont été spécifiquement créées pour identifier le but de la tâche (Annexe C4). Ces planches sont présentes pour signaler la règle de tri en cours à chaque essai pour tous les enfants et à toutes les phases. Les enfants ont ainsi la possibilité de pouvoir pointer la planche s'ils le souhaitent dès la première étape. Sur le lot de 16 cartes que l'enfant doit trier, huit ont un papillon coloré et les huit autres représentent les mêmes animaux/formes dans les mêmes couleurs, mais ont un papillon gris.

La tâche principale consiste en un jeu de tri de cartes en trois temps : deux parties de cartes à trier selon un seul critère spécifique -une partie jeu des couleurs puis une partie jeu des animaux/formes- avec chacune six cartes à trier et une dernière partie mixte avec 16 cartes

mélangées (8 cartes papillon couleur et 8 cartes papillon gris) où les deux critères de tri sont en alternance. Le principe du jeu consiste à trier les cartes selon un critère (couleur ou animal). Chaque participant doit placer la carte dans la case correspondante de la grille prévue à cet effet (Annexe C5). La grille est placée devant l'enfant pendant les phases en individuel, et au centre de la table lors de la phase collective. A chaque phase, l'enfant doit trier six cartes dans les parties à critères simples, et 16 cartes dans le cas de la partie mixte. Nous n'avons considéré que les essais mixtes pour nos analyses. La réussite à l'essai, c'est-à-dire un tri correct de la carte selon le critère en cours (ex : pendant la partie Animaux, la carte vache jaune est placée dans la case vache de la grille) détermine le score de but qui est au maximum de 16. L'utilisation des stratégies de verbalisation et de pointage à chaque essai mixte sont également relevées et déterminent les scores stratégiques qui peuvent eux aussi atteindre au maximum 16.

3.2. Fonctionnement exécutif et cognitif

Pour tester la flexibilité cognitive, chaque participant est évalué au moyen du Dimensional Change Card Sort (DCCS, Zelazo, 2006). Cette épreuve a été présentée dans le chapitre 4 et dans l'étude précédente (PUZADAPT). Afin de recueillir une mesure du fonctionnement exécutif global des participants, le Childhood EXecutive Functioning Inventory (CHEXI) de Thorell & Nyberg (2008) version française (Catale et al., 2013) a été utilisé. Cet inventaire permet de mesurer le fonctionnement exécutif chez les enfants de 4 à 12 ans. Il s'agit d'un questionnaire hétéro-rapporté à destination des enseignants, comportant 24 items pour lesquels l'enseignant doit indiquer son degré d'accord sur une échelle de Likert allant de « 1 : Absolument incorrect » à « 5 : Absolument correct ». Le score maximal est de 120. Cet outil peut se décomposer en quatre sous-échelles (Mémoire de travail, Planification, Régulation, Inhibition). En additionnant les scores des deux premières sous-échelles, on obtient un score reflétant les capacités de la MDT, et la somme des scores des deux dernières permet d'obtenir un score d'inhibition. Un exemplaire est fourni en Annexe C5.

Les Matrices Progressives de Raven version colorées PM47 ('CPM' ; Raven, 1977, 2000 ; Raven et al., 2003) ont été utilisées pour mesurer les performances intellectuelles des enfants. Le score correspond au nombre de réponses correctes sur les 36 planches.

3.3. Métacognition

Pour rendre compte des capacités métacognitives des enfants, deux outils sont utilisés, comme dans notre première étude. Tout d'abord, la métacognition est évaluée à partir de l'épreuve de résolution de problèmes proposée par Marulis et al. (2016) qui consiste à réaliser trois à quatre constructions de difficulté croissante avec des blocs plastiques encastrables de différentes tailles et couleurs (tâche des WEDGiTS™© ImagAbility). Tous les enfants réalisent les mêmes constructions dans le même ordre en prenant appui sur une carte modèle.

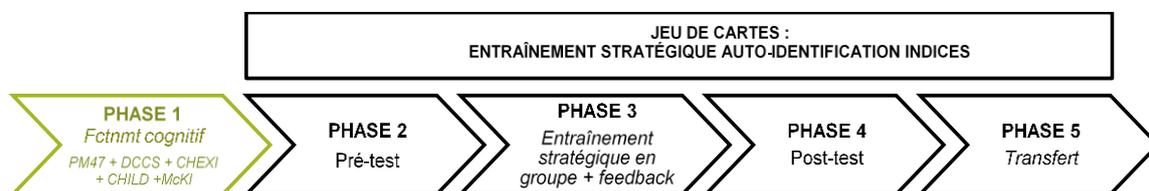
L'expérimentatrice mène ensuite l'entretien « Metacognitive Knowledge Interview » (McKI) de Marulis et al. (2016) que nous avons traduit et qui permet de déterminer un score métacognitif (Annexe B2). Cet entretien métacognitif (McKI) est présenté comme un ensemble de questions pour aider l'expérimentatrice à mieux comprendre comment l'enfant a fait les constructions, ces questions ne comprenant pas de mauvaises réponses. Le score maximal est de 22. Une deuxième mesure de métacognition est relevée en utilisant la Checklist of Independent Learning Development (CHILD, Whitebread et al., 2009) à destination des enseignants que nous avons traduite (Annexe B1) et présentée dans notre première étude PUZADAPT. Le score maximal est de 66.

4. Procédure

Cette étude comporte cinq étapes reprises dans le Tableau 12. Chaque étape est ensuite détaillée plus finement.

Tableau 12.

Déroulement typique des différentes étapes de l'étude 2 STRAFIX



Détail des 5 étapes

Tâche	Fonctionnement cognitif	Jeu de cartes			
Jour	Lundi et Mardi	Lundi	Mardi	Jeudi	Vendredi
Etape	1. Mesures Fonctionnement cognitif	2. Prétest	3. Entraînement	4. Post-Test	5. Transfert
Matériel	Matrice de Raven PM47 Fonctionnement Exécutif : - CHEXI - DCCS Métacognition : - tâche Wedgit + McKI - CHILD	Total : 28 essais Cartes Animaux 6 cartes avec papillon gris 6 cartes avec papillon coloré 16 cartes mixtes 	Total : 28 essais Cartes Animaux 6 cartes avec papillon gris 6 cartes avec papillon coloré 16 cartes mixtes 	Total : 28 essais Cartes Animaux 6 cartes avec papillon gris 6 cartes avec papillon coloré 16 cartes mixtes 	Total : 28 essais Cartes Formes 6 cartes avec papillon gris 6 cartes avec papillon coloré 16 cartes mixtes
Score Relevé	Score PM47 /36 Score CHEXI /120 DCCS Nb essai correct à la phase 3 bord /12 Score McKI /22 Score CHILD /66	Parties Mixtes Score But : nb carte correctement triées /16 Score Stratégique verbalisation : nb fois où la stratégie est utilisée pour trier les cartes /16 Score Stratégique pointage : nb fois où la stratégie est utilisée pour tirer les cartes /16			

4.1. Fonctionnement cognitif (Etape 1)

Afin de rendre compte des caractéristiques individuelles de flexibilité et de métacognition, et pour pouvoir tester leur influence sur les capacités d'autorégulation (fixation du but et recours aux stratégies) des jeunes enfants, nous avons tout d'abord recueilli les mesures de fonctionnement cognitif. Le premier jour, pour rendre compte du fonctionnement intellectuel général et constituer des groupes homogènes, les participants ont réalisé les PM47 de Raven. Ensuite, toujours individuellement, chaque enfant a passé l'épreuve de flexibilité du DCCS. Le lendemain, les enfants ont passé l'épreuve des Wedgits suivie de l'entretien McKI qui permet d'obtenir un score reflétant les connaissances métacognitives de l'enfant. Enfin, les enseignants devaient remplir les deux questionnaires qui leur sont destinés : le CHEXI pour rendre compte du fonctionnement exécutif global et la CHILD pour la métacognition ; un exemplaire pour chaque enfant à remplir dans les quinze jours suivant le début des premières passations.

4.2. Tri de cartes (Etapas 2 à 5)

L'étape 2, constituant le Prétest, consiste pour l'enfant à réaliser les trois parties de tri de cartes (couleur ; animaux ; mixte) en individuel et sans feedback. La grille de tri couleur est placée face à l'enfant en s'assurant qu'il puisse aisément l'atteindre. Cette phase commence avec la présentation du matériel : la grille, en vérifiant que l'enfant connaît les couleurs qui y sont présentées « *Tu vois ici, il y a quatre couleurs : rouge, bleu, jaune, vert* » ; puis les cartes « *Ici, j'ai des cartes. Tu vois on retrouve les mêmes couleurs : il y a des cartes rouges, des bleues, des jaunes et des vertes et il y a aussi différents animaux/formes dans ces couleurs : un mouton, un chat, un chien, et une vache / un carré, un triangle, un cœur, et un rond. Et regarde, tu vois, sur toutes les cartes, il y a aussi un papillon en couleur qui est collé dessus* ». La première partie de carte consiste à jouer au jeu des couleurs qui est expliqué au participant : « *Nous allons jouer à un jeu. C'est le jeu des couleurs. Dans le jeu des couleurs, tous les rouges vont ici, les bleus, ici, les jaunes ici et les verts vont là.* [La carte est placée dans la case correspondante dans la grille de tri] *Pour t'aider à t'en souvenir, il y a ce papillon en couleur sur la carte tu te souviens ?* » [On montre le papillon sur une carte et la planche de pointage, papillon coloré = jeu des couleurs est présentée]. « *Je vais laisser cette planche qui rappelle la règle, regarde : papillon en couleur, on joue au jeu des couleurs* ».

Une démonstration est faite par l'expérimentateur avec une carte d'un autre lot que celui du participant puis, l'enfant fait aussi un essai pour voir s'il a compris les règles. Il reçoit un feedback correctif et informatif « *Tu as compris ? Faisons un essai. Prends cette carte, elle va où ?* ». Si l'enfant place correctement la carte, il est félicité « *Très bien. Tu sais jouer au jeu des couleurs. Tu as bien mis la carte rouge dans la case rouge* ». Si l'enfant trie mal, il est repris et corrigé « *Non, dans le jeu des couleurs, c'est un rouge, donc il doit aller là, dans la case rouge* ». Après cet essai de familiarisation, la première partie avec six cartes débute. L'enfant reçoit son lot de cartes et doit le trier correctement. « *Allez c'est parti, maintenant tu dois mettre toutes ces cartes* ».

au bon endroit mais tu le fais tout seul, je ne dirai rien ! Tu es prêt ? ». Il ne reçoit plus aucune indication ni feedback ensuite.

Pour chaque essai on relève le score but, soit le nombre de cartes correctement triées, et le score stratégique, si l'enfant utilise spontanément une des deux stratégies (verbalisation ou pointage) à chaque carte triée. Une fois cette première partie terminée, la deuxième partie où il faut trier selon le deuxième critère est lancée : « *Super, tu as bien joué au jeu des couleurs. Maintenant, on va faire un nouveau jeu. On ne va plus jouer au jeu des couleurs. On va jouer au jeu des animaux/formes.* ». La deuxième grille est posée à la place de la première. « *Dans le jeu des animaux/formes, tous les WW vont ici, les XX ici, les YY ici, et tous les ZZ vont là* ». Pour nous aider à nous en souvenir, il y a toujours le papillon sur la carte mais cette fois, regarde, il est gris ! ». On montre le papillon gris sur une carte et comme pour la précédente partie, la planche de pointage papillon gris = jeu des formes/animaux est présentée et laissée de manière visible sur la table. Un essai de familiarisation est réalisé par l'enfant qui reçoit un feedback puis l'enfant doit trier ses six nouvelles cartes avec le papillon gris. Aucun feedback ni indication ne sont donnés.

Comme pour la première partie, pour chaque essai on relève le score but et le score stratégique. Une fois cette deuxième partie terminée, la troisième et dernière partie est lancée. « *Super, tu as bien joué au jeu des animaux/formes. Maintenant j'ai un jeu un peu plus difficile pour toi. Dans ce jeu, on mélange les deux papillons ! Parfois il y a des cartes avec le papillon en couleur comme ça [montrer 1 carte] et donc cela veut dire qu'il faut jouer au jeu des couleurs. Et parfois il y a des cartes avec le papillon gris comme ça [montrer 1 carte] et donc cela veut dire qu'il faut jouer au jeu des animaux. D'accord ? C'est parti !* ». Cette dernière partie mixte comporte 16 cartes à trier -huit avec papillon gris et huit autres avec papillon coloré- qui sont mélangées aléatoirement comme on peut le faire classiquement quand on joue aux cartes. Comme pour les précédentes parties, le score but et le score stratégique sont relevés pour chaque carte triée.

L'étape 3, soit la phase d'entraînement en collectif, est réalisée en petits groupes de quatre à cinq enfants qui sont encouragés à utiliser la stratégie entraînée d'auto-identification du but visé (verbalisation ou pointage selon le groupe) à chaque fois qu'ils doivent déposer une carte. Chaque groupe de 4 à 5 enfants est réparti en binôme ou trinôme, qui se retrouve face à une grille de tri à se partager et un lot de cartes commun. Ce lot comprend 32 ou 48 cartes à trier, de sorte que chaque enfant a toujours 16 cartes à trier. Après avoir rappelé les deux règles de tri en faisant un tour de table où chacun doit poser sa carte à tour de rôle, la partie mixte est lancée. Le second enfant constituant le binôme (celui qui ne joue pas à ce moment-là) doit s'assurer que la stratégie est bien utilisée et la réponse correcte. Il donne donc un feedback au joueur. Dans la condition d'entraînement à la stratégie de verbalisation du but, les enfants doivent nommer le critère de tri en cours qui est déterminé par l'indice visible sur la carte (papillon coloré = jeu des couleurs, ou papillon gris = jeux des animaux/formes) avant de poser la carte sur la grille. Dans la condition d'entraînement à la stratégie de pointage du but, l'enfant doit pointer ou appuyer en

silence sur l'une des deux planches prévues à cet effet (Annexe C2). Ces deux planches sont disposées en dessous de la grille de tri, de manière centrée et facilement accessible pour l'enfant. Un feedback portant à la fois sur la qualité de la réponse (correct/incorrect) et sur la justification (critère en cours) est donné systématiquement pendant cette phase. Par exemple, si l'enfant place correctement la carte, l'expérimentateur et/ou le second enfant du binôme valide ou non l'essai « *Tu as bien utilisé la stratégie X et tu as bien mis la carte rouge dans la case rouge* ». Si l'enfant n'utilise pas la stratégie, on lui rappelle de le faire. S'il trie mal, il dira « *Non, c'est un rouge, donc il doit aller là dans le jeu des couleurs* ». Dans le groupe contrôle, les enfants sont amenés à jouer, en binôme (ou trinôme pour les groupes de 5), mais sans autre explication particulière ni aucune mention des stratégies. On leur présente la séance comme une séance collective « *Aujourd'hui nous allons rejouer au jeu de cartes, mais cette fois, nous allons jouer en équipe !* ». La constitution des différents groupes a été faite, dans chaque école, en fonction des résultats obtenus au PM47 afin de rendre les trois groupes homogènes : un tiers des participants est entraîné à la stratégie de verbalisation du but, un autre tiers est entraîné à la stratégie de pointage du but et le dernier tiers constitue le groupe contrôle.

La phase 4 est un Post-test, au cours duquel l'enfant est vu à nouveau en individuel et avec le même lot de cartes qu'au Prétest. Il effectue à nouveau les trois parties (6 cartes à trier selon critère animaux, 6 selon critère couleurs, 16 cartes mixte) soit 32 cartes à trier. Aucun feedback n'est donné.

Enfin, la phase 5 correspond à la tâche de Transfert, où de nouvelles cartes issues de l'autre jeu (Formes) sont proposées à l'enfant. Le déroulement reste le même que dans les phases précédentes. L'enfant doit trier 32 cartes selon trois parties (6 formes, 6 couleurs, 16 mixte). Le nouveau jeu de cartes est présenté et on s'assure que les enfants connaissent les formes représentées sur les nouvelles cartes. « *Aujourd'hui nous allons jouer une dernière fois aux jeux de cartes, mais regarde, ce sont de nouvelles cartes !* ». Aucun essai de démonstration n'est réalisé. Les consignes sont rappelées pour chaque jeu, mais aucune indication sur la stratégie n'est donnée ni aucun feedback.

Tous les enfants passent les cinq phases dans le même ordre. Seul l'ordre des jeux de cartes utilisés comme tâche principale et comme tâche de transfert est contrebalancé. Ainsi, la moitié des participants effectue les phases prétest, entraînement, post-test avec les cartes du jeu Animaux et la phase de transfert avec les cartes du jeu des Formes ; pour l'autre moitié c'est l'inverse. Le même lot de cartes est utilisé à chaque phase pour chaque enfant de telle sorte qu'il retrouve toujours les mêmes cartes lors de la phase suivante (Annexe C1 pour un aperçu des différentes combinaisons possibles). A chaque phase (Prétest, Entraînement, Post-test, Transfert), le participant doit trier 28 cartes au total. Pour les deux parties simples (tri sur un seul critère) l'enfant doit trier les six mêmes cartes en fonction de l'indice visuel associé : le papillon

gris (jeu des animaux/forme) pour la partie 1 puis le papillon coloré (jeu des couleurs) pour la partie 2. Pour les parties mixtes (tri sur les deux critères), les 16 cartes sont regroupées et doivent être triées. Les cartes correctement triées constituent le score but. Au total, chaque enfant réalise donc 28 essais x 3 phases (Prétest, Post-test, Transfert) + 16 essais à l'entraînement = 100 essais.

5. Résultats

5.1. Plan expérimental et Variables Dépendantes

Un plan d'expérience 3 Groupe (*verbalisation, pointage, contrôle*) * 3 Phase (*Prétest, Post-test, Transfert*) est utilisé. Plusieurs mesures ont été utilisées comme variables dépendantes, que nous allons maintenant présenter. Les statistiques descriptives de ces différentes variables sont synthétisées dans les Tableaux 13 a et b.

Tableaux 13.

13a. Statistiques descriptives des différentes variables mesurant le fonctionnement cognitif – étude 2 STRAFIX

	<i>M</i>	Minimum	Maximum	<i>SD</i>
Intelligence				
PM47 (/36)	11.02	3.00	29.00	5.26
FE - Flexibilité				
DCCS (/12)	4.61	0.00	9.00	2.92
CHEXI (/120)	77.08	45.00	101.00	19.52
Métacognition				
McKi (/22)	7.14	1.00	15.00	3.66
CHILD (/66)	28.71	10.00	58.00	12.44

13b. Statistiques descriptives des différentes variables relatives à la tâche de tri de cartes – étude 2 STRAFIX

	<i>M</i>	Minimum	Maximum	<i>SD</i>
Score Stratégique verbalisation (/16)				
Prétest	.37	.00	4.00	.99
Post-Test	1.45	.00	16.00	3.42
Transfert	1.57	.00	16.00	3.86
pointage (/16)				
Prétest	.02	.00	1.00	.14
Post-Test	.82	.00	16.00	3.05
Transfert	.53	.00	16.00	2.43
Score But (/16)				
Prétest	9.86	5.00	16.00	2.97
Post-Test	13.43	6.00	16.00	3.52
Transfert	14.12	6.00	16.00	3.19

Pour rendre compte des capacités intellectuelles générales, le score aux Matrices Progressives Colorées de Raven est utilisé. Ce score peut varier de 0 à 36. Pour rendre compte des capacités de flexibilité des enfants, seul le score obtenu à la phase 3 cadre du DCCS est retenu. Ce score peut varier de 0 à 12. En complément, pour rendre compte du fonctionnement exécutif global, le score au CHEXI est également pris en compte. Il peut varier de 0 à 120. Pour rendre compte des capacités de métacognition, le score à l'entretien de connaissances métacognitives McKi est utilisé (ce score peut varier de 0 à 22) ainsi que le score au questionnaire enseignant CHILD (ce score peut varier de 0 à 66). Pour rendre compte des capacités d'autorégulation, un score but (tri correct /16) et un score stratégique (pointage ou verbalisation du but du jeu / 16) est relevé pour les 48 essais mixtes (16 essais X 3 phases).

Au final, chaque enfant a donc fourni cinq mesures de fonctionnement cognitif et neuf mesures d'autorégulation soit 14 scores différents, pour un total de 14 x 49 participants, 686 scores individuels exploitables qui ont été utilisés pour les analyses statistiques. Ces analyses ont été réalisées avec Statistica 13.3 ©.

5.2. Analyses Préliminaires

Aucune hypothèse n'a été faite sur un effet du genre ou du matériel sur les performances de fixation du but (tri de cartes) et les performances stratégiques. En premier lieu, nous avons donc voulu vérifier que ces facteurs n'avaient pas d'effet significatif. Etant donné que les participants étaient confrontés à un premier jeu de cartes au Prétest et Post-test et à un second jeu de cartes en Transfert, nous avons effectué deux analyses préliminaires. Pour minimiser le risque d'erreur de type 2, les analyses de variance multivariées (MANOVA) ont été privilégiées, puisqu'elles permettent d'inclure plusieurs variables dépendantes, ce qui augmente la puissance statistique.

Une première MANOVA sur les facteurs 2 (Genre) * 2 (jeu de cartes principal : Animaux vs Formes) * 2 (Phase : Pré vs Post-test) avec mesures répétées sur le dernier facteur a été réalisée sur les scores but (tri correct) et les scores stratégiques de verbalisation et de pointage. Il ressort de cette analyse un effet significatif concernant la phase ($W = 0,49$, $F(3,43) = 15,20$, $p < .0001$, $\eta^2 = 0,52$), mais il n'y a pas d'effet significatif du genre ($W = 0,94$, $F(3,43) = 0,91$, $p = .45$, *ns*, $\eta^2 = 0,06$) ou du jeu de cartes principal ($W = 0,96$, $F(3,43) = 0,63$, $p = .60$, *ns*, $\eta^2 = 0,04$) nous permettant d'ignorer ces effets pour la suite de nos analyses.

Une deuxième MANOVA 2 (Genre) * 2 (jeu de cartes principal : Animaux vs Formes) sur le score but (tri correct) et les scores stratégiques de verbalisation et de pointage, au transfert, ne produit aucun effet significatif du genre ($W = 1$, $F(2,44) = 0,06$, $p = .94$, *ns*, $\eta^2 = 0,003$), ou du jeu de cartes principal ($W = 0,95$, $F(2,44) = 1,22$, $p = .30$, *ns*, $\eta^2 = 0,053$). Ainsi, ces deux facteurs n'ont pas été inclus dans les analyses ultérieures et les deux jeux de cartes Animaux et Formes sont considérées comme étant de difficulté équivalente.

5.3. Caractéristiques des groupes et contrebalancement

Pour rappel, afin de limiter l'influence possible de l'effet établissement, nous avons veillé à faire en sorte que les groupes soient équilibrés au départ, sur la base des résultats au PM47 dans chaque école. De même, pour contrôler l'effet possible de notre matériel, nous avons veillé à contrebalancer l'ordre des deux jeux de cartes et du DCCS entre les participants. Les Tableaux 14 et 15 ci-dessous présentent les caractéristiques des groupes et leur répartition.

Tableaux 14.

14a Statistiques descriptives de l'échantillon pour la constitution des groupes – étude 2 STRAFIX

Groupe	Effectifs	Âges moyens en mois	PM47 M	CHEXI M	DCCS M
Groupes entraînés	33 (17 Filles)	51.45 (2.99)	11.24 (5.43)	63.87 (12.45)	4.82 (2.93)
Stratégies de verbalisation	14 (7 Filles)	51.57 (2.74)	10.71 (4.78)	61.50 (12.20)	4.93 (2.76)
Stratégie de pointage	19 (10 Filles)	51.37 (3.24)	11.63 (5.96)	65.69 (12.82)	4.74 (3.12)
Groupe contrôle	16 (9 Filles)	51 (4.05)	10.08 (5.12)	72.78 (13.87)	4.69 (2.72)
Echantillon total	49 (26 Filles)	51.24 (3.34)	11.02 (5.26)	66.53 (13.40)	4.61 (2.92)

Notes : Moyennes (Ecart-type SD). Pour le CHEXI, il manque les données d'une école soit 17 données.

14b Répartition des enfants avec le contrebalancement – étude 2 STRAFIX

ECOLE	EFFECTIF	DCCS		CARTES PRINCIPALES		GROUPE ENTRAÎNEMENT		
		ORDRE 1	ORDRE 2	ANIMAUX	FORMES	VERBAL	POINTAGE	CONTRÔLE
1	10	10	0	10	0	3	3	4
2	15	0	15	0	15	4	6	5
3	13	13	0	0	13	4	5	4
4	11	0	11	11	0	3	5	3
TOTAL	49	23	26	21	28	14	19	16

5.4. Entraînement Stratégique et Fixation du but

L'objectif principal de cette étude est de tester dans quelle mesure, deux stratégies d'auto-identification du but (verbalisation et pointage) peuvent aider les enfants scolarisés en Moyenne Section de maternelle à repérer dans l'environnement, les indices permettant de se fixer un but clairement défini. Les statistiques descriptives et les résultats moyens selon les groupes sont synthétisés dans le Tableau 15 et présentés en trois temps, correspondant aux trois étapes de l'étude (Prétest, Post-test, Transfert). Les résultats des deux groupes expérimentaux sont présentés d'abord ensemble en prenant la moyenne de leurs performances confondues, puis en les distinguant selon la stratégie à laquelle ils ont été entraînés. On peut remarquer une évolution des différents scores au fil des phases et ce, quels que soient les groupes.

Tableaux 15.

15a Statistiques Descriptives par score et par phase selon les groupes – étude 2 STRAFIX

	Groupes entraînés (les 2 confondus)				Groupe contrôle			
	Rang Moyen	Somme Rangs	M	SD	Rang Moyen	Somme Rangs	M	SD
Score stratégique verbalisation								
Prétest	1.79	59.00	.45	1.09	1.91	30.50	.19	.75
Post-test	1.98	65.50	1.58	3.72	2.13	34.00	1.19	2.79
Transfert	2.23	73.50	2.18	4.54	1.97	31.50	.31	1.01
pointage								
Prétest	1.89	62.50	.03	.17	1.94	31.00	.00	.00
Post-test	2.15	71.00	1.18	3.67	2.00	32.00	.06	.25
Transfert	1.95	64.50	.67	2.89	2.06	33.00	.25	1.00
Score But								
Prétest	1.18	39.00	10.12	3.04	1.53	24.50	9.31	2.82
Post-test	2.42	80.00	14.55	2.81	1.97	31.50	11.13	3.79
Transfert	2.39	79.00	14.70	2.71	2.50	40.00	12.94	3.84

15b. Scores Moyens d'utilisation des stratégies de verbalisation et de pointage et scores moyens de fixation du but des groupes contrôle et entraînés – étude 2 STRAFIX

Groupe	Entraînés (n = 33) (les 2 groupes confondus)			Entraîné à la Verbalisation (n =14)			Entraîné au Pointage (n= 19)			Contrôle (n= 16)		
	Str Vb	Str Ptge	Score BUT	Str Vb	Str Ptge	Score BUT	Str Vb	Str Ptge	Score BUT	Str Vb	Str Ptge	Score BUT
(/16)												
Prétest	.45 (1.09)	.03 (.17)	10.12 (3.04)	.36 (.74)	0 (0)	9.79 (3.29)	0.53 (1.31)	.05 (.23)	10.37 (2.91)	.19 (.75)	0 (0)	9.31 (2.82)
Posttest	1.58 (3.72)	1.18 (3.67)	14.55 (2.81)	3.29 (5.17)	1.29 (4.27)	14.21 (3.24)	.32 (1.16)	1.11 (3.28)	14.79 (2.51)	1.19 (2.79)	.06 (.25)	11.13 (3.79)
Transfert	2.18 (4.54)	.67 (2.89)	14.70 (2.71)	3.07 (5.14)	1.21 (4.26)	14.43 (3.08)	1.53 (4.07)	.26 (1.15)	14.89 (2.47)	.69 (1.74)	.25 (1.00)	12.56 (4.75)

Notes : Moyennes (Ecart-type SD)

Dans un premier temps, nous avons analysé séparément les performances des enfants selon leur groupe d'appartenance et selon les trois phases, afin de rendre compte de l'évolution globale des différents scores des deux groupes qui ont reçu un entraînement à l'utilisation d'une stratégie d'auto-identification du but, et de ceux du groupe contrôle, non entraîné.

Pour cela, nous avons utilisé des tests non paramétriques de comparaisons de plusieurs échantillons appariés (ANOVAs de Friedman) en précisant le coefficient de concordance de Kendall *W*, pour chacun des trois scores relevés à chaque phase. Au vu du faible échantillon que constitue notre population d'étude, il semblait plus adapté de préférer un test non paramétrique, plus robuste.

Nous avons distingué les analyses concernant les groupes entraînés et celles concernant le groupe contrôle. Les résultats sont représentés sur la Figure 10. Ces analyses font ressortir plusieurs effets significatifs. Nous allons présenter successivement les résultats des groupes expérimentaux, entraînés à utiliser une stratégie d'auto-identification du but puis, ceux du groupe contrôle.

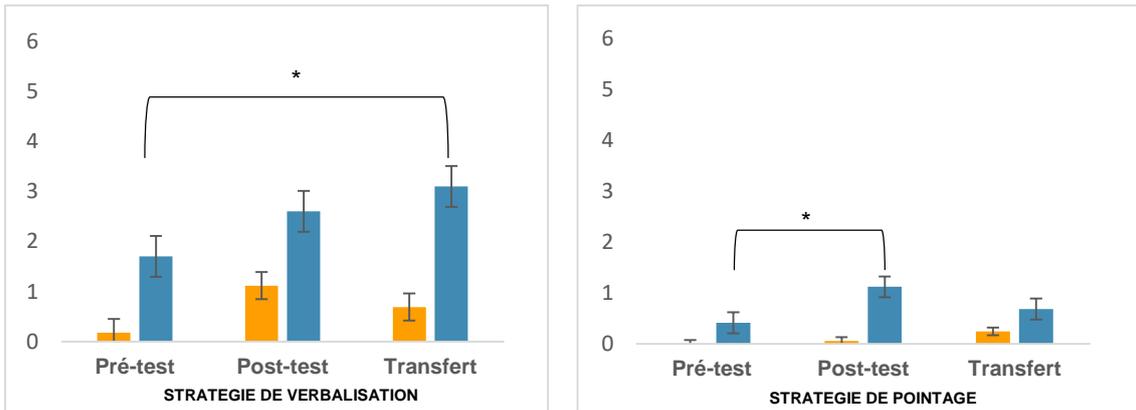


Figure 10a : Scores stratégiques moyens de verbalisation (à gauche) et pointage (à droite) des groupes entraînés (en bleu) et du groupe contrôle (en orange) au fil des phases. Notes concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

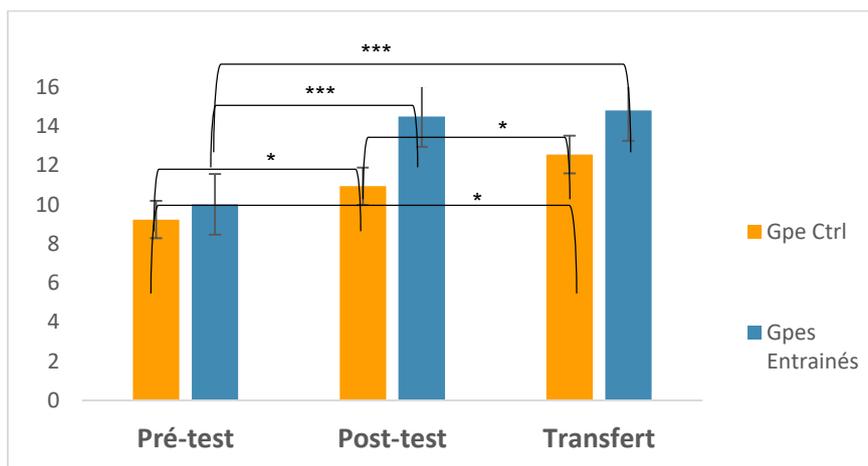


Figure 10b : Score but moyen des groupes entraînés (en bleu) et du groupe contrôle (en orange) au fil des phases. Notes concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

5.4.1. Résultats concernant les groupes expérimentaux

On note que les trois scores évoluent significativement au fil des phases : pour le score stratégique de verbalisation on obtient : $\chi^2(33,2) = 9,17$, $p < .01$; $W = 0,139$; pour le score stratégique de pointage : $\chi^2(33,2) = 6,08$, $p < .05$; $W = 0,092$ et pour le score but : $\chi^2(33,2) = 43,76$, $p < .001$; $W = 0,663$. Des tests de Wilcoxon ont permis de déterminer l'origine des différences.

Concernant le score stratégique de verbalisation, il apparaît que l'évolution est significative entre le Prétest et le Transfert, mais pas entre les autres phases où le recours à la stratégie n'est pas significativement différent (du Prétest au Post-Test : $T = 8,5$, $Z = 1,66$, ns ; du Post-test au Transfert : $T = 14,5$, $Z = 1,33$, ns ; du Prétest au Transfert : $T = 13$, $Z = 2,27$, $p < .05$). Ainsi, comme attendu, les enfants qui ont reçu un entraînement stratégique utilisent significativement plus la stratégie en phase de Transfert qu'en Prétest, mais pas en phase de Post-test comme nous nous y attendions.

Concernant le score stratégique de pointage, il apparaît que l'évolution est significative entre le Prétest et le Post-test ($T = 1,5$, $Z = 2,11$, $p < .05$) comme attendu, mais pas entre les autres phases où le recours à la stratégie n'est pas significativement différent (du Post-test au Transfert : $T = 7$, $Z = 1,18$, *ns* ; du Prétest au Transfert $T = 1,5$, $Z = 1,28$, *ns*). Ainsi, comme nous l'envisagions, les enfants qui ont reçu un entraînement stratégique utilisent significativement plus la stratégie en Post-test qu'en Prétest, mais pas en phase de Transfert.

Enfin, concernant l'évolution du score but des groupes entraînés, une différence significative apparaît entre le Prétest et le Post-Test ($T = 3,5$, $Z = 4,63$, $p < .001$), ainsi qu'entre le Prétest et le Transfert ($T = 3,5$, $Z = 4,63$, $p < .001$), mais pas du Post-test au Transfert ($T = 32,5$, $Z = 0,04$, *ns*). Ces résultats rendent ainsi compte du fait que les performances pour se fixer un but après avoir reçu un entraînement stratégique progressent positivement au Post-test, comme nous nous y attendions, et se maintiennent face à la nouvelle tâche en Transfert.

Pour rendre compte d'un effet possible de l'entraînement sur le recours à la stratégie et son bénéfice potentiel sur la fixation du but, nous avons ensuite comparé les performances des trois groupes entre eux, pour les trois scores (les deux scores stratégiques et le score but) à l'aide d'ANOVAs de Kruskal-Wallis par Rangs. Les scores stratégiques sont pris séparément : une analyse concernant l'utilisation à la stratégie de verbalisation puis une seconde analyse concernant l'utilisation de la stratégie de pointage. Nous présentons les analyses séparément phase après phase, en commençant par les scores stratégiques pour terminer par les scores but.

Prétest

Aucune différence significative entre les groupes n'a été révélée par les ANOVAs concernant le recours à la stratégie de verbalisation ($H(2,49) = 1,21$, $p = .55$, *ns* ; $\chi^2(2) = 1,46$, $p = .48$, *ns*), ou de pointage ($H(2,49) = 1,58$, $p = .45$, *ns* ; $\chi^2(2) = 1,61$, $p = .45$, *ns*), ni concernant le score but ($H(2,49) = 1,67$, $p = .43$, *ns* ; $\chi^2(2) = 2,53$, $p = .28$, *ns*), lors de cette phase initiale. Ceci confirme que les groupes sont bien homogènes au début de l'étude et peuvent donc être considérés comme équivalents, condition nécessaire pour poursuivre nos analyses.

Post-test

Contrairement à nos attentes, aucune différence significative n'a été trouvée concernant le recours aux stratégies. On peut cependant noter l'existence d'une tendance significative pour le score stratégique de verbalisation ($H(2, n=49) = 5,56$, $p = .06$, *ns* ; $\chi^2(2) = 5,03$, $p = .08$, *ns*), ce qui est encourageant au vu de la faible taille de l'échantillon. Un effet significatif pourrait être observé en augmentant le nombre de participants lors d'un recueil de données complémentaire. Cette tendance n'est pas retrouvée pour le score stratégique de pointage ($H(2, n=49) = 1,65$, $p = .44$, *ns* ; $\chi^2(2) = 1,55$, $p = .46$, *ns*). Ainsi, que le groupe ait été entraîné à utiliser une stratégie d'auto-identification du but ou non, les performances stratégiques ne se distinguent pas en Post-test. Les enfants n'utilisent finalement que très peu ces stratégies, comme en témoignent les scores moyens regroupés dans le Tableau 15b : pour le score stratégique de verbalisation, on

obtient une moyenne de 3,29 (5,17) pour le groupe spécifiquement entraîné à cette stratégie, de 0,32 (1,16) pour le groupe entraîné au pointage, et une moyenne de 1,19 (2,79) pour le groupe contrôle ; pour le score stratégique de pointage, on obtient une moyenne de 1,11 (3,28) pour le groupe spécifiquement entraîné à cette stratégie, de 1,29 (4,27) pour le groupe entraîné à la verbalisation, et une moyenne de 0,06 (0,25) pour le groupe contrôle.

En revanche, comme attendu, nous observons une différence significative entre les groupes concernant le score but, ($H(2, n=49) = 14,03, p < .001$; $\chi^2(2) = 12,87, p < .001$). Afin de déterminer les sources des différences, nous avons effectué des tests non paramétriques de comparaisons 2 à 2 de Mann-Whitney. Il apparaît que les groupes entraînés à l'utilisation de stratégies d'auto-identification du but sont plus performants que le groupe contrôle pour se fixer un but (groupe contrôle vs groupe verbalisation $U = 45,5, Z_{ajusté} = -2,85, p < .001$; groupe contrôle vs groupe pointage $U = 54, Z_{ajusté} = -3,36, p < .001$). Aucune différence significative n'a été trouvée entre les deux groupes entraînés ($U = 129, Z_{ajusté} = 0,152, ns$). Ceci témoigne d'un effet de l'entraînement sur le score but. Ainsi, même si les enfants entraînés n'utilisent pas plus la stratégie pour laquelle ils ont été entraînés, leurs performances pour se fixer un but s'en trouvent malgré tout renforcées, comparativement à ceux qui n'ont pas bénéficié d'entraînement.

Transfert

Aucune différence significative entre les trois groupes n'a été trouvée avec les ANOVAs, contrairement à nos attentes, et ce, quels que soient les scores. Si l'on considère le recours aux stratégies, on obtient avec le score stratégique de verbalisation ($H(2, n=49) = 4,04, p = .13, ns$; $\chi^2(2) = 3,53, p = .17, ns$), et avec le score stratégique de pointage ($H(2, n=49) = 0,96, p = .62, ns$; $\chi^2(2) = 0,99, p = .61, ns$). Ainsi, que le groupe ait été entraîné à utiliser une stratégie d'auto-identification du but ou non, les performances ne se distinguent pas entre les enfants lors de cette phase de transfert. Les enfants n'ont toujours pas, ou très peu, recours à ces stratégies, comme en témoignent les scores moyens regroupés dans le Tableau 15b : pour le score stratégique de verbalisation, on obtient une moyenne de 3,07 (5,14) pour le groupe spécifiquement entraîné à cette stratégie, de 1,53 (4,07) pour le groupe entraîné au pointage, et une moyenne de 0,69 (1,74) pour le groupe contrôle ; pour le score stratégique de pointage, on obtient une moyenne de 1,11 (3,28) pour le groupe spécifiquement entraîné à cette stratégie, de 1,29 (4,27) pour le groupe entraîné à la verbalisation, et une moyenne de 0,06 (0,25) pour le groupe contrôle. Ces résultats rendent compte d'une stabilité du recours à la stratégie dans les différentes phases et en particulier en phase de transfert.

Si l'on considère le score but, on obtient ($H(2, n=49) = 3,98, p = .14, ns$; $\chi^2(2) = 0, p = 1, ns$) avec un score but moyen de 14,43 (3,08) pour le groupe entraîné à la verbalisation, de 14,89 (2,47) pour le groupe entraîné au pointage, et de 12,56 (4,75) pour le groupe contrôle. Si l'on compare avec les scores obtenus en Post-test, à nouveau, il apparaît que ces scores but sont stables, malgré le changement de tâche opéré en phase de Transfert. Ainsi, qu'ils aient été

entraînés ou non à utiliser une stratégie d'auto-identification du but, les enfants des trois groupes obtiennent des scores buts similaires dans la phase de Transfert.

5.4.2. Résultats concernant le groupe contrôle

Aucune différence n'apparaît concernant les scores stratégiques qui restent proches de 0 au fil des phases (pour le score stratégique de verbalisation : $\chi^2(16,2) = 2,36$, $p = .307$, *ns* ; $W = 0,074$; pour le score stratégique de pointage : $\chi^2(16,2) = 2$, $p = .368$, *ns* ; $W = 0,062$, Figure 10a). Les stratégies d'auto-identification du but sont très rarement employées par ces enfants de 4 ans, quelle que soit la phase. En revanche, on note une différence significative du score but, témoignant ainsi d'une évolution concernant la capacité à se fixer un but chez les enfants du groupe contrôle ($\chi^2(16,2) = 10,26$, $p < .01$; $W = 0,320$) au fil des phases de l'étude (Figure 10b).

Afin de déterminer l'origine des différences, nous avons ensuite conduit des tests de Wilcoxon afin de pouvoir comparer les performances selon les phases. Ainsi, il apparaît que cette évolution significative du score but chez le groupe contrôle se retrouve au fil des trois phases : du Prétest au Post-Test ($T = 14$, $Z = 1,96$, $p < .05$) ; du Post-test au Transfert ($T = 4,5$, $Z = 2,13$, $p < .05$) ; du Prétest au Transfert ($T = 6$, $Z = 2,76$, $p < .05$). Il semble que le simple fait d'être confronté à la tâche permette de progresser sur la capacité à se fixer un but avec cette tâche de tri de cartes.

En résumé, dans les trois groupes, les performances concernant la fixation du but évoluent significativement au fil des tâches. Les groupes entraînés étant meilleurs que le groupe contrôle uniquement en Post-test, le groupe contrôle rattrapant finalement lors de la phase de Transfert les performances des groupes entraînés concernant le score but et le tri correct de cartes. Par ailleurs, le recours à la stratégie reste très faible quel que soit le groupe mais aide les enfants des groupes expérimentaux à progresser plus vite, dès la phase de Post-test et à maintenir cette performance en phase de Transfert avec de nouvelles cartes.

5.5. Autorégulation, Fonctionnement Exécutif et Métacognitif

Le deuxième objectif de cette étude est de tester l'implication des fonctions exécutives et plus particulièrement la flexibilité cognitive, ainsi que de la métacognition, sur la capacité d'enfants de 4 ans à se fixer un but et à transférer une stratégie d'auto-identification du but. Les scores de fonctionnement exécutif global, de flexibilité et de métacognition ont été considérés comme variables explicatives dans des analyses de régression multiple portant sur les scores de but puis sur les scores stratégiques. Nous allons présenter successivement les résultats.

5.5.1. Fonctionnement Exécutif, Métacognition et Fixation du but

Nous nous sommes d'abord intéressés à la première étape de l'autorégulation : la fixation du but. Dans les modèles de régression multiple pas à pas impliquant le score but, nous avons intégré les variables CHEXI, DCCS, McKI et CHILD pour les trois phases (Prétest, Post-Test, Transfert). Nous avons obtenu quelques effets significatifs. Nous avons regroupé les résultats de ces analyses dans le Tableau 16.

Tableau 16.

Effet des scores de fonctionnement exécutif et de métacognition sur les scores de but (régression multiple pas à pas) - étude 2 STRAFIX

	β	R^2 Ajusté	F	p Exact
<i>Flexibilité x Métacognition x But</i>				
Prétest				
		.04	1.54	.21
CHEXI	-.38*			
DCCS	.078			
McKI	-.21			
CHILD	.160			
Posttest				
		.15	3.05	.03*
CHEXI	-.37*			
DCCS	.20			
McKI	-.35 *			
CHILD	.36 *			
Transfert				
		.04	1.50	.22
CHEXI	-.35*			
DCCS	-.17			
McKI	-.12			
CHILD	.32'			

Notes concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; * tendance significative $.05 < p < .10$. Les scores de fonctionnement exécutif (CHEXI et DCCS) et de métacognition (McKI et CHILD) ont été utilisés dans trois analyses de régression différentes, une par phase, mais pour plus de commodité, nous les présentons ensemble ici.

Pour le Prétest, les quatre variables introduites dans ce modèle n'expliquent que 4% de la variance de la fixation du but ($F(4,44) = 1,54$, $p = .21$, *ns*). Parmi les variables du modèle, seul le fonctionnement exécutif global évalué par le CHEXI, a un poids significatif sur la fixation du but ($\beta = -.38$, $t(44) = -2,20$, $p < .05$; DCCS : $\beta = 0,08$, $t(44) = 0,52$, $p = .60$, *ns* ; McKI : $\beta = -0,21$, $t(44) = -1,26$, $p = .21$, *ns* ; CHILD : $\beta = 0,16$, $t(44) = 1,01$, $p = .32$, *ns*).

Pour le Post-test, les quatre variables de ce modèle expliquent 15% de la variance de la fixation du but ($F(4,44) = 3,05$, $p < .05$). Parmi elles, le fonctionnement exécutif global évalué par le CHEXI ($\beta = -0,37$, $t(44) = -2,28$, $p < .05$), ainsi que la métacognition évaluée par le McKI ($\beta = -0,35$, $t(44) = -2,27$, $p < .05$), et par la CHILD ($\beta = 0,36$, $t(44) = 2,37$, $p < .05$), ont un poids significatif sur la fixation du but, mais pas le DCCS ($\beta = 0,20$, $t(44) = 1,38$, $p = .18$, *ns*).

Pour la phase de Transfert, les quatre variables introduites dans ce modèle n'expliquent que 4% de la variance de la fixation du but ($F(4,44) = 1,50$, $p = .22$, *ns*). Aucune variable introduite dans le modèle n'a de poids sur la fixation du but lorsque les nouvelles cartes sont introduites (DCCS :

$\beta = -0,17$, $t(44) = -1,13$, $p = .27$, *ns* ; McKI : $\beta = -0,12$, $t(44) = -0,75$, $p = .46$, *ns*), même si deux tendances significatives sont trouvées (CHEXI : $\beta = -0,35$, $t(44) = -2,00$, $p = .052$ et CHILD : $\beta = 0,32$, $t(44) = 1,98$, $p = .053$).

Globalement, il apparaît ainsi que la fixation du but est influencée par le fonctionnement exécutif et la métacognition.

5.5.2. Fonctionnement Exécutif, Métacognition et Stratégies

Nous nous sommes ensuite intéressés à la deuxième étape de l'autorégulation : le recours aux stratégies. Dans les modèles de régression multiple pas à pas impliquant les deux scores stratégiques (verbalisation et pointage), comme avec le score but, nous avons intégré les variables CHEXI, DCCS, McKI et CHILD pour les trois phases (Prétest, Post-Test, Transfert). Nous avons regroupé les résultats de ces analyses dans le Tableau 17. Nous n'avons obtenu qu'un seul effet significatif.

Tableau 17.

Effets de la flexibilité et de la métacognition sur les deux scores stratégiques (régression multiple pas à pas) – étude 2 STRAFIX

	β	R ² Ajusté	F	p Exact		β	R ² Ajusté	F	p Exact
<i>Flexibilité x Métacognition x Stratégie verbalisation</i>					<i>Flexibilité x Métacognition x Stratégie pointage</i>				
Prétest					Prétest				
		-.00	.96	.44			.04	1.50	.22
CHEXI	-.02				CHEXI	-.37*			
DCCS	.107				DCCS	-.03			
McKI	-.03				McKI	-.30*			
CHILD	-.25				CHILD	.249			
Posttest					Posttest				
		.02	1.25	.30			.01	1.13	.35
CHEXI	-.01				CHEXI	.01			
DCCS	.23				DCCS	.24			
McKI	.07				McKI	.06			
CHILD	-.21				CHILD	-.19			
Transfert					Transfert				
		.03	1.39	.25			-.01	.85	.50
CHEXI	.12				CHEXI	.10			
DCCS	.27*				DCCS	.18			
McKI	.08				McKI	.05			
CHILD	-.26				CHILD	-.25			

*Notes concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; * tendance significative $.05 < p < .10$. Les scores de fonctionnement exécutif (CHEXI et DCCS) et de métacognition (McKI et CHILD) ont été utilisés dans six analyses de régression différentes, une par phase et par stratégie, mais pour plus de commodité, nous les présentons ensemble ici.*

Concernant le score stratégique de verbalisation, quelle que soit la phase, aucun effet significatif n'a été trouvé. Ni le fonctionnement exécutif ni la métacognition ne semblent prédire la capacité à utiliser cette stratégie d'identification du but. On peut tout de même préciser, dans ce petit échantillon, que pour la phase de transfert, le DCCS présente une tendance significative, ce qui encourage à poursuivre les investigations ($\beta = -0,38$, $t(44) = 1,78$, $p = .08$, *ns*).

Concernant la stratégie de pointage, un seul effet significatif a été trouvé lors du Prétest : les quatre variables introduites dans ce modèle n'expliquent que 4% de la variance de l'utilisation de la stratégie de pointage ($F(4,44) = 1,50$, $p = .22$, ns) et, seul le fonctionnement exécutif global évalué par le CHEXI, a un poids significatif sur le recours au pointage ($\beta = 0,27$, $t(44) = -2,15$, $p < .05$). On peut aussi noter l'existence d'une tendance significative avec le McKI ($\beta = -0,30$, $t(44) = -1,87$, $p = .068$). Un effet significatif pourrait être observé en augmentant le nombre de participants lors d'un recueil de données complémentaire. Concernant les autres phases, contrairement à nos attentes, aucun effet significatif ne ressort de ces analyses, quels que soient le score de fonctionnement exécutif ou métacognitif.

5.6. Relations entre fonctionnement exécutif et métacognition

Notre troisième objectif vise à déterminer si des liens unissent la flexibilité et la métacognition, et plus largement, le fonctionnement exécutif global et la métacognition. Pour cela, des analyses de régression simple avec les quatre outils ont été réalisées pour tester ces liens. L'ensemble des résultats figure dans le Tableau 18.

Tableau 18.

Effets de la flexibilité et du fonctionnement exécutif global sur la métacognition (régression simple) - étude 2 STRAFIX

Prédicteur	β	R^2 Ajusté	F	p
DCCS -- CHILD	.22	-.02	2.48	.12
DCCS -- McKI	.02	.03	.02	.89
CHEXI -- McKI	-.37	.12	7.52	.01**
CHEXI -- CHILD	.31	.08	5.03	.03*

Notes concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

L'effet prédicteur de la flexibilité mesurée par le DCCS sur les performances métacognitives procédurales évaluées par la CHILD ($R^2 = 0,02$, $F = 2,48$, $p = .12$, ns) et déclaratives mesurées par le McKI ($R^2 = 0,03$, $F = 0,02$, $p = .89$, ns) n'ont rien révélé. Par ailleurs, le fonctionnement exécutif global mesuré avec le CHEXI, prédit significativement la métacognition, que ce soient les métaconnaissances mesurées avec le McKI ($R^2 = 0,12$, $F = 7,52$, $p < .01$) ou les stratégies métacognitives mesurées avec la CHILD ($R^2 = 0,08$, $F = 5,03$, $p < .05$).

Nous avons aussi réalisé une analyse de corrélation entre les scores au CHEXI et DCCS et les scores à la CHILD et au McKI (Tableau 19). Les résultats montrent des différences.

Tableau 19.

Liens entre les différents outils de fonctionnement exécutif et de fonctionnement métacognitif - étude 2 STRAFIX

Variable	CHEXI	DCCS	McKI	CHILD
CHEXI	--	-.31*	-.37**	.31*
DCCS		--	.22	.20
McKI			--	.19
CHILD				--

Notes concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

Ainsi, on obtient des liens de corrélation significative modérée entre le CHEXI et les trois autres outils : avec le DCCS, $r = -0,31$, $p < .05$, établissant un lien entre le fonctionnement exécutif global et la flexibilité ; également avec les outils métacognitifs : avec le McKi $r = -0,37$, $p < .01$ et avec la CHILD, $r = 0,31$, $p < .05$. Ceci semble indiquer que le CHEXI rend compte de multiples facettes de la cognition. En revanche, la corrélation entre les deux outils de métacognition est faible et non-significative ($r = 0,19$, *ns*). Ceci suggère que les deux outils ne mesurent pas les mêmes processus sous-jacents à la métacognition, l'un renvoyant davantage aux processus conceptuels (McKi entretien de connaissances métacognitives) et l'autre aux processus d'action et de régulation de la métacognition (CHILD compétences métacognitives procédurales).

6. Discussion

6.1. Effet de l'entraînement

Le premier objectif de cette étude était de tester l'effet d'un entraînement à utiliser deux stratégies d'auto-identification des indices d'une tâche (verbalisation et pointage) sur la capacité d'enfants de 4 ans à se fixer un but, et à avoir recours à ces stratégies, notamment face à une tâche de transfert. Notre première hypothèse suppose que les enfants ayant bénéficié de l'entraînement stratégique seraient meilleurs que ceux du groupe contrôle, à la fois pour se fixer un but, et pour utiliser les stratégies, plus particulièrement lors de la phase de transfert. Cette hypothèse est partiellement validée.

6.1.1. Fixation du but

Les groupes se distinguent au Post-test, donc après l'entraînement. Les enfants entraînés, que ce soit pour la stratégie de verbalisation ou pour celle de pointage, ont de meilleures performances de fixation du but que ceux du groupe contrôle. Cela étend les résultats de Lucenet et Blaye (2019) qui ont montré qu'inciter les enfants à construire une représentation explicite du but de la tâche est essentiel pour renforcer le contrôle proactif. Dans leur étude, elles avaient testé l'impact des deux mêmes stratégies d'auto-identification du but (verbalisation et pointage) mais auprès d'enfants plus âgés : des enfants de 5 ans scolarisés en Grande Section de maternelle, de 6 ans scolarisés en CP, et de 9 ans scolarisés en CE2. Par ailleurs, leur tâche était différente de la nôtre, et informatisée. Il s'agissait d'une adaptation du paradigme de tâche de switching indicé ('*cued task-switching paradigm*' Meiran, 1996, cité par Lucenet & Blaye, 2019) avec trente-six dessins d'animaux colorés : trois chiens différents et trois oiseaux différents représentés dans trois nuances différentes de vert et de rouge. Selon les signaux, il faut trier selon la forme ou la couleur. Dans leur conception, le signal disparaît dès que le stimulus est présenté, et il est impossible de revenir en arrière après l'affichage du stimulus. Cela maximise la nécessité de traduire le signal en une représentation explicite (Chevalier et al., 2015). Elles ont montré que, pour les deux groupes d'âge les plus jeunes (5 et 6 ans), la recherche d'une

représentation explicite du but avant le prochain stimulus, qu'elle soit verbale ou imagée, a favorisé la fixation du but.

Autrement dit, l'utilisation des stratégies d'auto-identification du but comme la verbalisation et le pointage minimise le taux d'erreur dans ce type de tâche. Nos résultats confirment cette tendance avec une population plus jeune et une tâche différente, soutenant ainsi l'intérêt d'avoir recours à un entraînement stratégique. En revanche, cette différence de performances entre les groupes entraînés et le groupe contrôle n'est pas retrouvée en phase de transfert, dans laquelle les deux groupes entraînés maintiennent leurs bonnes performances, mais ceux du groupe contrôle les rattrapent et montrent des performances équivalentes. Autrement dit, l'entraînement stratégique semble permettre aux enfants d'améliorer plus vite leur performance pour se fixer un but et trier correctement les cartes, et de maintenir leurs performances en phase de transfert. De plus, nos résultats montrent que les trois groupes progressent au fil des phases pour trier correctement les cartes selon le bon critère. Ainsi, il semble que le simple fait d'être exposé à la tâche de tri avec les indices (papillon gris ou coloré), et les planches de pointage traduisant ces indices en règles de tri, permette aux enfants de progresser pour se fixer un but.

6.1.2. Utilisation des stratégies

Concernant les scores stratégiques, en considérant séparément chaque groupe, nous avons obtenu plusieurs effets significatifs pour les deux groupes entraînés. Le groupe entraîné à la verbalisation ne produit pas davantage la stratégie du Prétest au Post-test, ni du Post-test au Transfert, mais on observe un effet significatif entre le Prétest et le Transfert. Ainsi, les enfants entraînés à produire cette stratégie d'identification du but, l'utilisent davantage dans la tâche de transfert où de nouvelles cartes sont introduites, et ils parviennent à maintenir des bonnes performances dans cette tâche. Par ailleurs, cette stratégie de verbalisation peut rapidement tendre vers une verbalisation intérieure (Vygotsky, 1997) qui témoigne du fait que les enfants n'ont peut-être plus besoin de prononcer à voix haute le but de la tâche, mais prennent malgré tout le temps de bien identifier et intégrer le but de la tâche, en observant l'indice (le papillon) avec une forme de langage intérieur plus élaboré. Cela pourrait expliquer le maintien des bonnes performances en phase de Transfert.

Le groupe entraîné au pointage montre un effet significatif de l'entraînement sur le recours à cette stratégie par l'augmentation des performances stratégiques entre le Prétest et le Post-test. Cette augmentation n'est pas retrouvée du Post-test au Transfert, phase dans laquelle ils utilisent autant le pointage que dans la phase précédente (et finalement assez peu). Pourtant, dans les deux groupes, les enfants ont aussi des bons scores de fixation du but, traduisant un effet de l'entraînement sur la capacité à se fixer un but.

Si l'on compare les groupes entraînés au groupe contrôle, les résultats ne révèlent aucun effet significatif entre les groupes de participants, qui emploient finalement tous très peu les

stratégies, même ceux qui ont pourtant été entraînés à les utiliser. Nous pouvons remarquer malgré tout que pour le groupe entraîné à la verbalisation, les analyses révèlent une tendance significative en Post-test ce qui est encourageant. Cet effet pourrait être confirmé avec un échantillon plus grand. Par ailleurs, il faut rappeler que la phase d'entraînement se faisait en collectif, où 4 à 5 enfants étaient présents en même temps. Pour le groupe contrôle, aucune indication sur les stratégies ni aucun feedback n'étaient donnés, mais ils jouaient en équipe de deux ou trois, comme les enfants des groupes expérimentaux. Le simple fait de réaliser le jeu avec d'autres, et donc, de voir aussi d'autres que soi jouer et trier les cartes, a pu aider les enfants à identifier les buts de la tâche autrement que par le recours aux stratégies d'auto-identification du but (hétérorégulation : Nader-Grobois, 2007 ; régulation partagée : Duval et al., 2016 ; Fagnant, & Van Nieuwenhoven, 2019 ; Hanin, & Van Nieuwenhoven, 2018, 2019). De plus, parmi les participants, certains étaient peut-être spontanément stratégiques et cela a pu avoir une incidence sur les performances. En effet, comme l'avait déjà suggéré Vygotsky (1997), les progrès développementaux passent de la régulation externe par le biais des autres (par exemple, les parents, les enseignants et les pairs) à l'autorégulation : cette évolution nécessite l'observation, l'imitation, le dialogue, et la co-construction (par le biais de la coordination de la façon de regarder, des gestes, et de la négociation). Ce passage de l'hétérorégulation à l'autorégulation s'applique à de nombreuses aptitudes, pas uniquement au contrôle cognitif et émotionnel, et donc potentiellement à l'acquisition des stratégies cognitives visées ici. Vygotsky a décrit jusqu'à quel point un enfant réussit à intégrer les connaissances, les aptitudes et les stratégies de résolution de problèmes à l'atteinte des objectifs, à la planification et au contrôle. Ainsi, c'est en interagissant avec les autres que les enfants se développent, apprennent et construisent leur compréhension de la pensée.

6.1.3. Effet du contexte

Par ailleurs nos résultats peuvent être aussi discutés en considérant le nombre d'essais. En effet, certains facteurs comme l'intensité et la durée des entraînements stratégiques ont déjà été identifiés comme étant déterminants dans le recours à la stratégie (Bjorklund et al., 1997 ; Luxembourger et al., 2014 ; Schubert et al., 2014). Ici, les enfants ont tous eu au total 100 cartes à trier : trois fois 28 cartes (Prétest, Post-test et Transfert) et lors de l'entraînement, ils ont trié chacun 16 cartes. De plus, lors de l'entraînement, pour ceux qui en ont bénéficié, chaque enfant a trié ses 16 cartes mais il devait aussi suivre et surveiller la partie de son binôme, voire d'un troisième enfant pour ceux en trinôme. Ces enfants entraînés ont ainsi été attentifs aux indices et règles de tri pour 16 voire 32 essais supplémentaires. Ces stratégies ont ainsi fait l'objet d'un apprentissage conséquent et elles ont été expérimentées dans diverses situations, ce qui a pu permettre aux enfants d'en apprécier les conditions de validité (Winne, 1996 ; Winne & Perry, 2000).

Par ailleurs, le matériel utilisé était constitué de cartes, ce qui représente un contexte familier et ludique qui pourrait contribuer à réduire la charge cognitive comme cela a déjà été montré (Miller et al., 1994). Ainsi, les enfants ont eu finalement peu recours aux stratégies d'auto-identification du but pour lesquelles ils ont été entraînés, mais ils ont obtenu malgré tout de bonnes performances au tri de cartes, attestant d'une bonne capacité à se fixer un but pour utiliser la bonne règle de tri. Rappelons que l'autorégulation n'implique pas seulement de posséder un répertoire de stratégies et d'y être entraîné. Les enfants doivent pouvoir opérer un choix personnel en fonction du contexte et des conditions, et il semble qu'ils ont réussi ici. Cela rejoint les résultats des travaux portant sur l'utilisation des indices ('*cue utilization*' ; Chevalier et al, 2017 ; Doebel et al., 2018 ; Kray et al., 2008 ; Roebbers et al., 2019 ; Yerys & Munakata, 2006) comme aide pour réussir une tâche et augmenter les performances des enfants pour contrôler leurs actions.

Ces travaux sur l'utilisation des indices portent davantage sur le bénéfice qu'occasionne le recours à ces stratégies, plutôt que sur l'utilisation des stratégies en elles-mêmes. Aussi, nos résultats permettent-ils néanmoins d'apporter quelques précisions sur l'utilisation de ces deux stratégies à 4 ans. La comparaison des performances des groupes entraînés à celles du groupe contrôle montrent que l'entraînement stratégique a eu des effets sur la fixation du but. Concernant la stratégie de verbalisation, même si elle est peu utilisée et que nous n'avons pas retrouvé de phénomène de déficience d'utilisation ('*DU*' sous sa forme classique, ou celle spécifique au transfert '*t-UD*'), avoir été entraîné à verbaliser le but de la tâche en identifiant l'indice approprié, a contribué ici à maintenir de bonnes performances de tri face à une tâche de transfert. Les enfants avaient davantage recours à cette stratégie dans cette situation qui implique de nouvelles cartes. Concernant la stratégie de pointage, avoir été entraîné à pointer le but de la tâche en identifiant l'indice approprié, a contribué ici à être meilleur pour trier les mêmes cartes (phase de Post-test) mais pas en tâche de transfert. Ceci confirme l'importance du contexte dans laquelle la stratégie est utilisée, contexte qui peut être déterminant pour son usage (Bjorklund et al., 1997 ; Miller et al., 1994 ; Schwenck et al., 2007). Par ailleurs, le recours à la stratégie et les phénomènes de DU peuvent dépendre d'autres facteurs comme le niveau de fonctionnement exécutif (Clerc et al., 2021 ; Geurten et al., 2016 ; Schneider et al., 2004, 2009 ; Stone & Blumberg, 2013 ; Stone et al., 2016). C'est que nous avons testé ensuite.

6.2. Effet du fonctionnement exécutif, de la flexibilité et de la métacognition

Le deuxième objectif de cette étude était de tester l'influence de la flexibilité et de la métacognition sur la fixation du but et le recours aux stratégies, afin d'éclairer les relations spécifiques entre autorégulation, fonctions exécutives et métacognition chez de jeunes enfants. Notre deuxième hypothèse supposait que les enfants les plus flexibles et les plus métacognitifs seraient les meilleurs à la tâche : ils auraient des performances supérieures pour se fixer un but et pour avoir recours aux stratégies. Il s'agissait donc de tester l'effet prédictif de la flexibilité et

de la métacognition sur les deux premières étapes de l'autorégulation des apprentissages (1) fixation du but et (2) recours aux stratégies. Cette hypothèse est partiellement validée. Nos résultats montrent que le fonctionnement exécutif global (CHEXI) prédit les scores de fixation du but en Prétest. Ainsi, avant même l'entraînement stratégique, le fonctionnement exécutif global peut expliquer les différences de performances pour se fixer un but. De plus, il prédit aussi les scores de fixation du but en Post-test, soit après l'entraînement stratégique explicite. Cela apporte une preuve supplémentaire des liens existants entre FE et autorégulation. Enfin, aucun effet n'a été trouvé phase de Transfert (même si dans cette dernière phase, on observe une tendance significative encourageante). Toutefois, ce résultat est à prendre avec prudence car la population testée est réduite et nous avons des données manquantes avec ce questionnaire pour enseignant.

Par ailleurs, contrairement à nos attentes, les analyses de régression multiple n'ont pas révélé d'effet prédictif de la flexibilité mesurée par le DCCS, sur la fixation du but. Ce résultat pourrait aller dans le sens d'une différenciation plus tardive de cette FE fondamentale pour expliquer la capacité à se fixer un but, et encourage à poursuivre les investigations. Nos résultats attestent aussi de l'implication de la métacognition sur l'autorégulation puisqu'un effet significatif a été retrouvé en Post-test, à la fois avec le McKI, évaluant la dimension déclarative de la métacognition, et avec la CHILD, évaluant la dimension procédurale de la métacognition, sur la fixation du but.

Concernant l'effet prédictif des capacités exécutives et métacognitives sur le recours aux stratégies d'auto-identification du but, les résultats sont plus nuancés. Seul le fonctionnement exécutif global (CHEXI) prédit le recours à la stratégie de pointage et uniquement en Prétest. Aucun effet n'a été trouvé sur le recours à la stratégie de verbalisation, contrairement à nos attentes. On peut toutefois noter qu'on observe une tendance significative encourageante avec le DCCS en phase de transfert. Nos résultats n'ont pas permis de révéler un quelconque impact de la métacognition sur le recours aux stratégies (même si une tendance significative apparaît avec le McKI sur la stratégie de pointage en Prétest). Ainsi, il semble que le recours à une stratégie d'auto-identification du but ne dépende pas ici de la flexibilité ni de la métacognition, mais puisse être influencé par le fonctionnement exécutif général. Toutefois, il faut rappeler que l'effectif est faible, autour de 15 participants par groupe, et les résultats pourraient être différents avec un échantillon plus grand. Ces résultats sont aussi à nuancer puisque finalement, les stratégies ont été très peu utilisées par les enfants, même par ceux qui ont été entraînés à y avoir recours : cette faible utilisation peut expliquer qu'aucun effet significatif ne ressorte des analyses.

6.3. Relations entre fonctionnement exécutif et métacognition

Le dernier objectif de cette étude visait à déterminer si des liens existent entre fonctionnement exécutif et métacognition. Nous supposons que le fonctionnement exécutif et la

flexibilité prédisent la métacognition chez ces enfants âgés de 4 ans. Cette dernière hypothèse est partiellement validée. Nous observons que le fonctionnement exécutif global (CHEXI) prédit la métacognition et ce pour ses deux facettes : les métaconnaissances (McKI) et les compétences métacognitives procédurales (CHILD).

Le McKI, entretien de connaissances métacognitives (Marulis et al., 2016) a récemment été relié au fonctionnement exécutif chez des enfants âgés de 3 à 5 ans (Marulis & Nelson, 2020) avec une autre épreuve de FE souvent utilisée chez les jeunes enfants : le Head-Toes-Knees-Shoulder ('HTKS', Ponitz et al., 2008, 2009). Toutefois, les liens de corrélation que nous avons trouvés entre le CHEXI et le McKI sont moins forts ($r = -0,37$; $p < .05$) que ceux de Marulis et Nelson (2020) avec le HTKS ($r = 0,61$, $p < .001$). Il faut rappeler qu'il nous manque des données. Une enseignante n'avait pas rempli ce deuxième questionnaire, soulignant par là les contraintes expérimentales qui poussent à réfléchir au choix des outils. Ces questionnaires sont intéressants mais nécessitent du temps pour les remplir, temps qui manque souvent aux enseignants. Nos résultats apportent ainsi de nouvelles indications sur le CHEXI, outil déjà reconnu tant sur le plan expérimental (Camerota et al., 2018 ; Thorell & Catale, 2014 ; Thorell & Nyberg, 2008) que sur le plan clinique (par exemple pour le TDA/H, Sjöwall & Thorell, 2019 ; Thorell et al., 2010).

Nous avons aussi trouvé des liens avec le second versant de la métacognition : les compétences métacognitives procédurales (CHILD). Ce résultat est contraire à celui de Marulis et Nelson (2020) mais ils avaient utilisé un outil d'observation des compétences métacognitives procédurales mobilisées lors de tâches de résolution de problèmes : le MetaSCoPE (Bryce & Whitebread, 2012). Nos résultats apportent ainsi une nouvelle preuve de l'existence de liens entre les FE et la métacognition (Bryce et al., 2015 ; Follmer & Sperling, 2016) et ce, dès la petite enfance (Marulis et al., 2020 ; Marulis & Nelson, 2020 ; Roebbers, 2017).

En revanche, nous n'avons pas observé de liens spécifiques entre métacognition et flexibilité. Il semble donc que c'est davantage le fonctionnement exécutif global qui impacte la métacognition à 4 ans. Ce résultat rejoint les travaux qui considèrent que le développement des FE est d'abord global et unitaire chez les enfants les plus jeunes (Diamond, 2013 ; Roebbers, 2017). Certains considèrent la flexibilité cognitive comme une fonction globale synonyme d'efficacité générale des FE jusque l'âge de 5 ans (Fuhs et al., 2013 ; Wiebe et al., 2011 ; Willoughby et al., 2011, 2016). Selon Johansson et al. (2015), ce ne serait que vers 3 ou 4 ans que cette structure unitaire se décomposerait en deux composantes distinctes, et bien plus tard qu'on distinguerait clairement les trois composantes. On admet actuellement que les FE auraient une structure plus différenciée à partir de la fin de l'école maternelle, mais le contrôle exécutif reste difficile à séparer en FE individuelles à cette période.

Le contrôle exécutif peut être plutôt considéré comme un concept global unique, qui fonctionne différemment selon les demandes cognitives d'une tâche ou la spécificité du contexte

(Ackerman & Friedman-Krauss, 2017 ; Chevalier et al., 2013 ; Fuhs et al., 2013 ; Willoughby & Blair, 2016). Aussi, les liens que le fonctionnement exécutif entretient avec la métacognition chez les enfants de 4 ans ne seraient visibles qu'en considérant globalement les FE. Il faudrait attendre pour voir le poids spécifique de chaque fonction, expliquer et prédire la métacognition, tant dans son versant déclaratif que procédural. Cette hypothèse est cohérente avec les résultats que nous avons obtenus dans notre première étude (PUZADAPT) puisque nous n'avons trouvé un lien entre la flexibilité (DCCS) et le versant procédural de la métacognition (CHILD) qu'au second point de mesure, soit vers les 5 ans des enfants, en fin d'année scolaire. Ici, nous avons rencontré les enfants en début d'année scolaire quand ils étaient plus près de leurs 4 ans. Cependant, nous avons trouvé un lien significatif entre la flexibilité (DCCS) et le versant déclaratif de la métacognition (McKI) dès le premier point de mesure mais nous avons aussi un échantillon beaucoup plus grand ($n = 100$). Cela encourage à poursuivre les investigations en ce sens.

6.4. Limites de l'étude et perspectives

Bien que nos résultats soient informatifs concernant l'effet de l'entraînement stratégique sur la fixation du but et le recours aux stratégies, et qu'ils révèlent aussi des liens avec le fonctionnement exécutif, la flexibilité et la métacognition, cette étude présente des limites qu'il convient de relever. Tout d'abord, nous avons une population d'étude assez restreinte. Nous projetons de poursuivre le recueil des données afin d'avoir un effectif plus acceptable pour analyser nos données. Nous espérons ainsi pouvoir affiner les résultats et plus particulièrement sur l'utilisation des stratégies pour les groupes entraînés.

De plus, il convient de s'interroger sur le poids de l'entraînement qui a été mené en collectif, avec quatre à cinq enfants vus en même temps, ce qui est assez rare dans l'étude des stratégies. En effet, cette phase collective pourrait finalement avoir des effets sur le recours aux stratégies, comme en témoignent les travaux portant sur la co-régulation ou la régulation partagée et le poids des interactions (Duval et al., 2016 ; Fagnant, & Van Nieuwenhoven, 2019 ; Grau & Whitebread, 2012 ; Hadwin & Oshige, 2011 ; Hanin, & Van Nieuwenhoven, 2018, 2019 ; Mottiez-Lopez, 2016). Lorsque des interactions sont possibles, notamment avec des pairs, les processus par lesquels les individus régulent leur activité se construisent collectivement et passent par un questionnement et une réflexion sur sa propre démarche de résolution. Cela peut être le cas des buts que les enfants vont se fixer ou des stratégies qu'ils vont employer pour résoudre la tâche. Cependant nous n'avons pas pris cela en compte dans nos investigations.

Enfin, les enfants avaient toujours sous les yeux les planches de pointage explicitant les indices correspondant aux règles de tri. Nous les avons fournies afin qu'ils puissent tous, et à chaque phase, utiliser la stratégie de pointage qui nous intéressait ici. Cependant, la présence de ces planches a pu réduire la charge mentale des enfants qui n'avaient plus forcément besoin de se remémorer la règle et l'indice correspondant (papillon gris = jeu des formes ; papillon coloré

= jeu des couleurs). Ceci pourrait expliquer le faible recours aux stratégies et l'absence de phénomène de DU puisque des liens entre charge mentale et autorégulation des apprentissages via la production de stratégies de gestion et de contrôle de l'apprentissage (De Bruin, & Van Merriënboer, 2017 ; Seufert, 2018) ou de stratégies mnésiques (Roebers, 2014) ont déjà été observés. Toutefois, cela encourage malgré tout à utiliser ce type d'aide pour accompagner les enfants dans la réalisation de nouvelles tâches.

Conclusion

Cette étude avait pour but d'amener des éléments concernant l'impact d'un entraînement collectif et explicite à l'utilisation de deux stratégies d'auto-identification des indices d'une tâche (verbalisation et pointage) sur la fixation de but chez des enfants de maternelle dans un contexte écologique. L'entraînement a révélé quelques effets puisque les performances pour trier les cartes sont significativement meilleures chez les enfants entraînés que chez les enfants du groupe contrôle, en phase de Post-test, mais plus en phase de Transfert. Ainsi, il semble que l'entraînement stratégique permette aux enfants de progresser plus vite dans le repérage des indices déterminant le critère de tri et ainsi être meilleurs. De plus, ils parviennent à maintenir leurs bonnes performances en phase de Transfert, qui pourtant, implique le recours à de nouvelles cartes qui auraient pu les déstabiliser. Par ailleurs, on note que les enfants entraînés spécifiquement à la verbalisation utilisent significativement davantage cette stratégie en phase de Transfert (avec des cartes différentes) qu'en phase de Prétest, suggérant que le recours à cette stratégie est relié à la nouveauté. Ceux entraînés à la stratégie de pointage l'utilisent quant à eux davantage en Post-test qu'en Prétest, mais pas davantage en Transfert qu'en Post-test. Ces résultats apportent de nouveaux éléments concernant le développement de ces deux stratégies distinctes, qui mobilisent des compétences différentes puisque la stratégie de verbalisation mobilise le langage alors que la stratégie de pointage mobilise la sphère motrice.

Cependant, nos résultats montrent aussi une progression des performances pour se fixer un but et trier les cartes selon le bon critère, quel que soit le groupe. Ainsi, qu'ils aient été entraînés ou non à utiliser une stratégie d'auto-identification du but, les enfants s'améliorent, même s'ils n'emploient que peu les stratégies visées ici. Il semble donc que le simple fait d'être exposé à la tâche de tri avec les indices (papillon gris ou coloré) et les planches de pointage traduisant explicitement ces indices en règles de tri, permette aux enfants de progresser pour se fixer un but. Comme Lucenet et Blaye (2019) le suggèrent, ces résultats encouragent à faire construire aux jeunes enfants une représentation explicite du but d'une tâche avant de s'y engager et cela peut passer par le recours à une stratégie d'auto-identification du but de la tâche qui est caractéristique de leur mode de contrôle réactif.

Nous avons aussi cherché à comprendre les liens qui unissent la flexibilité, la métacognition et l'autorégulation chez le jeune enfant. Nous avons plus particulièrement ciblé les

deux premières étapes de l'autorégulation : la fixation d'un but et le recours aux stratégies. Nous avons pu montrer que la fixation du but est liée au fonctionnement exécutif global (CHEXI) avant (Prétest) et après (Post-test) l'entraînement, mais pas lors du transfert. Contrairement à nos attentes, nous n'avons pas pu montrer un effet spécifique de la flexibilité mesurée par le DCCS. En revanche, un lien a été observé concernant l'impact de la métacognition sur la fixation du but après entraînement (Post-test) et dans ses deux dimensions (déclarative : McKI et procédurale : CHILD). Nos résultats révèlent aussi un effet du fonctionnement exécutif sur le recours à la stratégie de pointage avant entraînement (Prétest) sinon, aucun autre effet n'est apparu avec les scores stratégiques. Toutefois, il convient de rappeler que l'effectif est plutôt faible et que les enfants ont finalement très peu utilisé les stratégies. Enfin, cette étude a aussi révélé l'existence de liens entre le fonctionnement exécutif global (CHEXI) et les deux versants de la métacognition (déclarative McKI ; procédurale CHILD). En revanche, ces liens n'ont pas été observés spécifiquement avec la flexibilité. Nos résultats apportent ainsi une nouvelle contribution dans la compréhension des liens entre ces deux fonctions cognitives importantes, et ce dès la petite enfance. De manière plus secondaire, cette étude a aussi permis de dégager les spécificités d'outils évaluant la flexibilité et la métacognition souvent utilisés dans la recherche auprès des jeunes enfants.

RESUME DU CHAPITRE 6 : étude STRAFIX

Le contrôle cognitif chez le jeune enfant passe par un mode réactif dépendant des signaux disponibles dans l'environnement. Ce mode permet de se fixer un but et d'activer les bonnes stratégies pour l'atteindre. Certains travaux suggèrent que le contrôle cognitif pourrait être amélioré en entraînant les enfants à apprendre à rechercher les indices perceptifs des actions les plus appropriées pour résoudre une tâche. Cela renvoie à la deuxième étape de l'autorégulation des apprentissages : le recours à des stratégies cognitives adaptées. C'est ce qui nous a intéressé ici. L'objectif de cette étude est de tester dans quelle mesure l'entraînement à utiliser deux stratégies explicites d'auto-identification des indices d'une tâche (verbalisation et pointage) peut aider des enfants de 4 ans à se fixer un but, et à avoir recours à ces stratégies, notamment face à une tâche de transfert. L'influence de la flexibilité et de la métacognition dans ces processus sont également testées.

Les participants ont réalisé une tâche de tri de cartes indicées, quatre fois : Prêt-test, Entraînement en collectif, Post-test, et Transfert où de nouvelles cartes étaient introduites. Des planches de pointage où figurent les indices et les règles de tri correspondantes étaient disponibles. Les enfants ont été répartis en trois groupes homogènes : deux groupes entraînés spécifiquement à une stratégie (verbalisation ou pointage) et un groupe contrôle non entraîné. Un questionnaire hétérorapporté a été utilisé pour rendre compte du fonctionnement exécutif global (CHEXI) et nous avons aussi ciblé spécifiquement la flexibilité (DCCS). Deux tests ont été utilisés pour mesurer la métacognition (CHILD et McKi).

Les résultats confirment l'effet bénéfique de l'entraînement collectif à l'utilisation des deux stratégies sur la fixation de but chez des enfants de 4 ans dans un contexte écologique. L'entraînement, pour les deux stratégies, a permis aux enfants d'avoir de meilleurs résultats à la tâche de tri de cartes indicées que le groupe contrôle, en Post-test. En revanche, les performances des trois groupes ne se distinguent plus en phase de Transfert, où le groupe contrôle rattrape les performances des groupes entraînés. Pourtant, les enfants utilisent assez peu les stratégies, qu'ils aient été entraînés à le faire ou non. Quelques différences apparaissent selon les groupes, apportant ainsi de nouvelles contributions dans la connaissance du développement de ces deux stratégies.

Nous avons pu montrer que la fixation du but était influencée par le fonctionnement exécutif global (avant et après entraînement) et par la métacognition (après entraînement). En revanche aucun effet spécifique de la flexibilité n'a été trouvé mais une tendance se distingue en phase de Transfert qui encourage à poursuivre les investigations. Les résultats concernant le recours aux stratégies sont plus partagés. Ainsi, il apparaît que le recours au pointage est influencé par le fonctionnement exécutif global (CHEXI) avant entraînement. Autrement, le recours aux stratégies n'est pas clairement déterminé par la flexibilité et la métacognition, même si des tendances significatives ont été trouvées. Pourtant nous avons pu montrer que la métacognition est bien reliée aux FE.

Cette étude contribue ainsi à mieux comprendre l'autorégulation des apprentissages chez le jeune enfant. Nous discutons les résultats sous l'angle du développement de l'autorégulation et des stratégies cognitives et des liens qui les unissent aux FE, à la flexibilité et à la métacognition.

CHAPITRE 7 : ÉTUDE 3 TREFLE¹² :

TRansfert de stratégies mnésiques chez des Elèves de grande section maternelle et de cours préparatoire : entraînement et FLExibilité

1. Contexte et objectifs de l'étude

1.1. Contexte de l'étude et problématique

Nos deux premières études ont permis d'éclairer les liens unissant les fonctions exécutives, la métacognition et l'autorégulation des apprentissages chez de jeunes enfants de 4 à 5 ans. Nous avons montré que la première étape de l'autorégulation, la fixation du but, est influencée par les conditions de réalisation de la tâche (étude 1 PUZADAPT, effet de l'ajout d'une contrainte) et plus généralement, par des facteurs contextuels (étude 2 STRAFIX, entraînement stratégique en collectif et planches de pointage). Se fixer un but dépendrait aussi des capacités exécutives (étude 2 STRAFIX) et plus spécifiquement de la flexibilité cognitive (étude 1 PUZADAPT), ainsi que de la métacognition (étude 1 PUZADAPT et étude 2 STRAFIX métacognition déclarative et procédurale). Nous avons également montré l'existence de liens entre le fonctionnement exécutif -et plus spécialement la flexibilité- et la métacognition, contribuant ainsi à apporter de nouveaux éléments éclairant le développement de ces fonctions complexes.

Nous nous sommes aussi intéressés à la deuxième étape de l'autorégulation, l'engagement dans l'activité et le contrôle de l'action, par le recours aux stratégies dans notre deuxième étude STRAFIX. Nous avons montré un effet positif de l'entraînement stratégique à deux stratégies d'auto-identification des indices d'une tâche (verbalisation et pointage) sur la fixation du but, mais nos résultats sont plus mitigés concernant le recours aux stratégies en elles-mêmes, et plus spécifiquement face à une tâche de transfert. Aussi, il semble qu'avoir été entraîné à verbaliser le but de la tâche en identifiant l'indice approprié, contribue à maintenir de bonnes performances de tri face à une tâche de transfert, en ayant davantage recours à cette stratégie dans une situation légèrement différente (ici introduction de nouvelles cartes). L'entraînement au pointage du but de la tâche, en identifiant l'indice approprié, permet quant à lui d'être meilleur pour trier les mêmes cartes (Post-test) où cette stratégie est davantage mobilisée. En revanche, ce n'est pas le cas face à la tâche de transfert. Ceci confirme l'importance du contexte dans laquelle la stratégie est utilisée, qui peut être déterminant pour son usage (Bjorklund et al., 1997 ; Miller et al., 1994 ; Schwenck et al., 2007). Pour cette dernière étude, nous avons voulu nous intéresser exclusivement à l'utilisation des stratégies, et plus spécifiquement en phase de transfert.

² Cette étude a fait l'objet d'une collaboration avec l'équipe du Learning and Development Lab de l'Université d'Etat de San Francisco que j'ai pu intégrer en stage in doc, et d'une publication :

Clerc, J., **Leclercq, M.**, Paik, J., & Miller, P., H., (2021). Cognitive flexibility and strategy training allow young children to overcome transfer-Utilization Deficiencies. *Cognitive Development* ;57, 100997. doi.org/10.1016/j.cogdev.2020.100997

Les jeunes enfants peuvent apprendre à appliquer des stratégies à une tâche et à les transférer vers de nouvelles tâches similaires. Le transfert se produit lorsque des connaissances ou une compétence cognitive, apprises auparavant dans une tâche principale, sont réutilisées dans une tâche différente mais quelque peu similaire, dite tâche de transfert. Dans cette situation particulière, un phénomène spécifique a été mis à jour, la déficience d'utilisation due au transfert ('*t-UD*', Clerc & Miller, 2013). Une *t-UD* se caractérise par la diminution de l'efficacité de la stratégie, car les performances à la tâche sont plus faibles dans la tâche de transfert que dans la tâche principale, alors même que la qualité de la stratégie (évaluée par le score stratégique) se maintient dans la tâche de transfert au même niveau que dans la tâche principale. Ce phénomène n'a été mis en évidence que récemment dans deux études.

Il a d'abord été observé par Clerc et Miller (2013) chez des enfants âgés de 4 à 5 ans qui devaient transférer une stratégie d'attention sélective dans deux tâches de mémoire sélective isomorphe : leur rappel a diminué dans les deux tâches de transfert malgré une production de stratégie élevée (au moins égale à celle de la tâche initiale). Des *t-UD* ont également été identifiées chez des enfants de 4 ans qui devaient transférer une stratégie d'appariement afin de juger si deux séries de sept éléments étaient identiques (tâche de jugement ; Clerc et al., 2017). Le même pattern de réponses a été observé : les enfants ont maintenu leur score stratégique entre deux versions légèrement différentes de la tâche utilisant soit des jouets, soit des cubes en bois, mais leurs scores de jugement ont diminué de la tâche principale à la tâche de transfert. Ainsi, malgré la littérature abondante sur l'utilisation des stratégies par les enfants, peu d'attention a été accordée aux processus spécifiques qui sous-tendent le transfert de stratégies.

L'autorégulation des apprentissages et les fonctions exécutives (FE) semblent être une piste intéressante pour mieux comprendre le transfert de stratégie. En effet, l'autorégulation, dont le cœur même est le recours à des stratégies, pourrait jouer un rôle (Clerc, 2013 ; Clerc et al., 2014). Quand un enfant est confronté à une nouvelle tâche permettant plusieurs stratégies, il doit apprendre à choisir la plus appropriée et il doit l'adapter à la tâche de manière à ce que la stratégie soit la plus efficace possible. Cela engage des capacités d'autorégulation. De plus, les FE étant impliquées dans des comportements adaptatifs orientés vers des buts, et en particulier dans des situations nouvelles, elles sont aussi susceptibles d'être engagées dans le transfert. Les faibles capacités de FE peuvent augmenter l'effort nécessaire pour réaliser la tâche de transfert et ainsi diminuer les ressources cognitives disponibles. Deux études (Stone & Blumberg, 2013 ; Stone et al., 2016) ont révélé que des enfants d'âge préscolaire présentant une déficience d'utilisation stratégique sur une tâche de mémoire spatiale, présentaient des scores de FE plus faibles que les enfants pour qui la stratégie était bénéfique et efficace pour le rappel. De plus, de faibles FE pourraient également être associées au transfert de stratégie. Parmi les principales FE, la flexibilité cognitive pourrait être davantage impliquée dans le transfert chez les jeunes enfants (Barr, 2010 ; Brown, 1989 ; Clerc & Josseron, 2021 ; Elsner & Schellhas, 2012 ; Pauen & Bechtel-Kuehne, 2016).

La flexibilité impliquant un changement de point de vue, elle pourrait aider les enfants à se désengager de la tâche de transfert et à refocaliser leur attention sur la tâche principale. Après avoir comparé les tâches, l'enfant peut conclure que même si les éléments de surface (par exemple, l'apparence physique de la tâche, le nombre d'éléments, les instructions spécifiques) diffèrent, cela ne change pas la structure de la tâche, comme se souvenir uniquement des éléments pertinents et ignorer ceux qui ne le sont pas. La flexibilité cognitive est connue pour jouer un rôle dans le transfert d'utilisation d'outils (Pauen & Bechtel-Kuehne, 2016), et dans le transfert analogique (Brown et al., 1986 ; Stad et al., 2017) mais aucune étude ne s'est focalisée sur le transfert de stratégie spécifiquement. A notre connaissance, seules deux études se sont concentrées à la fois sur les mesures de transfert et de flexibilité chez les jeunes enfants. Elles ont confirmé que plus un enfant est flexible, plus le transfert est réussi (Pauen & Bechtel-Kuehne, 2016 ; Stad et al., 2017). À ce jour, aucune étude n'a tenté de montrer un lien entre les niveaux individuels de flexibilité cognitive et les stratégies de transfert mnésiques. Dans cette troisième étude, nous avons examiné le lien possible entre les niveaux individuels de flexibilité cognitive et les stratégies de transfert mnésiques dans deux expérimentations. La première est menée auprès d'enfants de Grande Section de maternelle et l'autre auprès d'enfants de CP.

1.2. Objectifs et hypothèses de recherche

Pour les deux expérimentations, l'objectif principal est de tester l'implication de la flexibilité cognitive sur la capacité d'enfants âgés de 5 à 7 ans à transférer une stratégie mnésique, ainsi que sur l'effet bénéfique de cette stratégie sur le rappel mnésique. Cette dernière étude examine aussi la robustesse des t-UD à travers différentes stratégies, matériaux, conditions et groupes d'âge, en testant l'efficacité de l'entraînement à l'utilisation de deux stratégies mnésiques, sur l'acquisition et le transfert de ces deux stratégies (scores stratégiques), ainsi que sur les bénéfices qui en découlent lors du rappel (scores de rappel). Un troisième objectif consiste à étudier la validité concurrente de deux épreuves de flexibilité cognitive habituellement utilisées séparément mais dont les performances devraient être corrélées. Il s'agit du Dimensional Change Card Sort ('DCCS', Zelazo, 2006), l'épreuve la plus classiquement utilisée avec de jeunes enfants, et du test de traçage de piste Color Trails for Children ('CTC', Williams et al., 1995), qui est une adaptation du TMT consistant à relier des éléments entre eux selon différents critères. Pour chaque expérimentation, nous avons testé trois hypothèses.

Nous avons d'abord émis l'hypothèse que la flexibilité cognitive serait significativement associée aux scores de rappel lors du transfert. Nous supposons qu'elle joue un rôle important, puisque transférer un apprentissage nécessite d'envisager les différentes tâches de manière flexible : on s'attendra donc à ce qu'une même stratégie mnésique soit transférée plus efficacement par un enfant plus flexible que par un enfant moins flexible (H1).

Deuxièmement, nous avons émis l'hypothèse qu'une t-UD (même score stratégique dans les tâches principales et de transfert, mais un score de rappel plus faible dans le transfert que dans la tâche principale) serait observé chez les enfants non entraînés à la stratégie mnésique ; chez les enfants entraînés, la diminution de la charge cognitive lors du transfert fera disparaître la t-UD. Nous supposons que l'entraînement contribuera à automatiser la stratégie et donc, à diminuer le coût cognitif de sa production et de son adaptation à la tâche de transfert (Clerc et al., 2014). Ceci devrait laisser disponibles davantage de ressources cognitives et par là-même, rendre la stratégie transférée plus efficace, éliminant les t-UD. Les enfants ayant bénéficié de l'entraînement explicite à utiliser la stratégie mnésique ne devraient donc pas présenter de t-UD, contrairement aux enfants non entraînés (H2).

Enfin, le degré de concordance entre les deux épreuves de flexibilité utilisées ici n'a jamais été testé à notre connaissance. Or, il est important de déterminer dans quelle mesure les performances aux deux épreuves sont corrélées entre elles, ce qui permettra d'estimer l'intensité du recouvrement des processus impliqués par ces épreuves. Le DCCS est la tâche de flexibilité la plus souvent utilisée auprès des jeunes enfants. Elle implique la maîtrise d'un système de règles hiérarchiques enchâssantes de type « *si-alors* ». Une tâche de switching sans cette exigence, mais qui exploite davantage la capacité des enfants à alterner entre deux règles simples, devrait être associée plus étroitement au rappel que la tâche du DCCS. Pour cette raison, nous émettons l'hypothèse que le CTC serait un meilleur prédicteur du rappel au moment du transfert que le DCCS (H3).

Deux expérimentations ont été menées afin d'étudier le rôle de la flexibilité cognitive dans le transfert de stratégies mnésiques chez de jeunes enfants de deux groupes d'âges distincts. En effet, nous avons veillé à intervenir chez des enfants encore trop jeunes pour montrer spontanément la production des stratégies en question : l'autorépétition, qui émerge tout juste vers 6 ans (Bjorklund et al., 2009) sera entraînée chez des enfants de 5 ans (expérimentation 1) ; le groupement catégoriel, qui n'apparaît pas avant 8 ans (Bjorklund et al., 2009), sera entraîné chez des enfants de 6 ans (expérimentation 2). Dans les deux expérimentations, les participants ont été scindés en deux groupes : un groupe explicitement entraîné à utiliser la stratégie mnésique (groupe expérimental : autorépétition/groupement catégoriel) et un deuxième groupe sans entraînement à la stratégie (groupe contrôle). L'entraînement devrait rendre la stratégie cognitivement moins coûteuse, et devrait donc diminuer le coût de l'adaptation de la stratégie à la tâche de transfert, réduisant ainsi les t-UD. Bien que les études d'entraînement de la mémorisation examinent parfois si la stratégie entraînée se généralise à une tâche légèrement différente, l'accent est mis sur le transfert de la stratégie elle-même plutôt que sur le transfert de son efficacité. C'est ce dernier point qui nous intéresse tout particulièrement ici. Les deux expérimentations seront présentées successivement.

2. Expérimentation 1 : entraînement à l'autorépétition chez des élèves de grande section de maternelle

Dans notre première expérimentation, nous nous attendons à ce que la flexibilité cognitive joue un rôle dans les t-UD, avec une plus grande flexibilité liée à un rappel plus élevé dans la tâche de transfert. De plus, nous prédisons que les jeunes enfants qui utilisent une stratégie d'autorépétition dans la tâche principale, reproduiront la même stratégie dans une seconde tâche isomorphe, mais que le transfert de la stratégie se traduira, chez les enfants non entraînés, par une t-UD, mise en évidence par un rappel plus faible dans la tâche de transfert que dans la tâche principale. Pour tester le transfert, nous avons utilisé deux tâches isomorphes qui ne diffèrent que par les éléments de surface, la structure des deux tâches et les éléments contextuels étant les mêmes dans les deux tâches. Dans de nombreuses études, les enfants ont été entraînés avec succès à l'utilisation de stratégies mnésiques, y compris l'autorépétition, la stratégie visée ici (par exemple, Ornstein et al., 1985) mais elles ne ciblaient pas spécifiquement l'efficacité liée au transfert de ces stratégies. C'est ce dernier point qui nous intéresse dans la présente expérimentation.

2.1. Méthodologie

2.1.1. Participants

Soixante-huit enfants ($M = 5$ ans 6 mois, $SD = 4,5$ mois, rang 4 ans 8 mois à 6 ans 9 mois, 30 filles) ont participé. Les enfants venaient de divers milieux socioculturels et fréquentaient deux écoles maternelles situées en zone rurale et une école maternelle située dans une zone urbaine du Nord de la France. Ces enfants étaient tous scolarisés en classe de Grande Section. Aucun enfant ne présentait de signes de développement atypique, de troubles cognitifs ou des apprentissages, selon les jugements formulés par les enseignants des classes fréquentées.

2.1.2. Éthique et déontologie

Les différentes autorités compétentes ont donné leur accord au préalable pour permettre d'accéder aux écoles concernées. Les parents, et dans la mesure du possible les enfants, ont signé un formulaire de consentement disponible en Annexes D1. L'étude a reçu l'avis favorable du comité d'éthique en sciences comportementales de l'université de Lille (Protocole numéro 2016-2-S40, titre "Transfert de stratégies mnésiques chez des élèves de grande section maternelle et de cours préparatoire : entraînement et flexibilité") figurant en Annexe D2. Cet avis est valable pour les deux études du protocole TREFLE, celle-ci menée auprès des élèves de Grande Section et la seconde qui suit, menée auprès d'élèves de Cours Préparatoire (CP). Nous ne repréciserons donc pas ces éléments ensuite.

2.2. Matériel

2.2.1. Flexibilité cognitive

Tout comme la première étude de cette thèse (PUZADAPT), nous avons fait passer aux enfants deux épreuves de flexibilité. La première est le DCCS (Zelazo, 2006). Nous avons également utilisé une épreuve de traçage de piste : le Color Trails for Children ('CTC', Williams et al., 1995) aussi connu sous le nom de Children's Color Trails Test ('CCTT', Llorente et al., 1998, 2003, 2009). Il correspond à la version du Trail Making Test de Reitan ('TMT', 1971, 2004) adaptée aux enfants, où l'utilisation de la couleur remplace le recours aux lettres de l'alphabet anglais. Ce test a été conçu pour fournir une évaluation de l'attention soutenue, du séquençage, du suivi visumoteur accéléré, tout en minimisant l'influence du langage et de la culture. L'épreuve se compose de deux conditions qui sont représentées en Annexe D9.

Dans la condition contrôle, l'enfant doit relier le plus vite possible les nombres de 1 à 15 par ordre croissant. Les huit nombres impairs sont présentés sur fond rose, les sept nombres pairs sur fond jaune. Chaque nombre n'apparaît donc qu'une seule fois. Les erreurs sont corrigées immédiatement en montrant à l'enfant le prochain nombre correct. On relève le temps total mis pour réaliser le traçage complet, exprimé en secondes (le nombre d'erreurs commises peut également être pris en compte). Dans la condition alternance, le nombre « 1 » n'apparaît qu'une seule fois, et les nombres suivants sont tous présentés deux fois, une fois sur fond rose et une fois sur fond jaune. A nouveau, l'enfant doit relier les nombres le plus rapidement possible, mais cette fois, il doit alterner entre les couleurs rose et jaune. Le nombre « 1 » présenté sur fond rose doit donc être relié au nombre « 2 » présenté sur fond jaune, qui doit être relié au nombre « 3 » présentés sur fond rose, et ainsi de suite jusqu'au nombre « 15 ». A nouveau, les erreurs sont corrigées immédiatement en montrant à l'enfant le prochain nombre correct. On relève le temps, en secondes, mis pour réaliser le traçage complet. Le score obtenu au CTC correspond à la différence entre le temps nécessaire pour compléter la planche alternance et le temps nécessaire pour compléter la planche contrôle. Ce test validé nous semblait plus approprié pour cette étude que le TRAIL-P utilisé dans l'étude 1 – et qui lui, n'est pas validé- car il nécessite des compétences plus élaborées comme maîtriser la suite numérique jusque 15. Les enfants participant ici étant plus âgés que dans les deux premières études (5 à 7 ans ici vs 4 à 5 ans précédemment), il semblait plus pertinent d'avoir recours à cette épreuve plus adaptée à leur âge et leurs compétences, puisque les enfants ici savent normalement compter au-delà de 15 et connaissent bien les couleurs.

Étant donné que le DCCS mesure la précision et le CTC mesure le temps de réaction, l'utilisation des deux devrait fournir plus d'informations sur l'association entre la flexibilité cognitive et les t-UD. De plus, étant donné que dans le DCCS, un enfant doit maîtriser un système complexe de règles « *si-alors* » hiérarchiquement enchâssées qui n'est pas présent dans les

tâches sélectives que nous avons utilisées, une tâche de switching sans cette exigence est souhaitable. Une telle tâche de switching, qui exploite la capacité des enfants à alterner entre deux règles simples, devrait être associée plus étroitement au rappel dans un paradigme de transfert que le DCCS. Le transfert d'une stratégie cognitive nécessite en effet qu'un enfant garde à l'esprit la tâche principale et la tâche de transfert, et alterne mentalement entre les deux tâches afin d'adapter efficacement la stratégie à la tâche de transfert. Une telle alternance est également nécessaire dans le CTC, dans lequel l'alternance est nécessaire entre deux séries d'éléments visuels, sur la base d'indices perceptifs. Dans le CTC, aucun système complexe de règles n'est présent, mais à la place, l'enfant doit basculer son attention entre les chiffres appartenant à deux séries perceptivement différentes. En résumé, les deux tests de flexibilité mentionnés semblent mesurer des processus sous-jacents différents, le DCCS se concentrant sur des processus conceptuels (réflexion sur les règles hiérarchiquement intégrées pour le tri des éléments) et le CTC se concentrant sur des processus perceptifs (passage d'un premier arrière-plan coloré à un deuxième arrière-plan coloré).

2.2.2. Mémorisation

Le matériel à mémoriser consiste en du vocabulaire propre à la découverte du monde. Quatre versions différentes de listes de six mots à apprendre ont été construites : deux listes tests (A et B) et deux listes de familiarisation (C et D). Les dessins des listes A (liste de test 1) et C (liste de familiarisation 1) représentent des animaux, des fruits et des ustensiles de cuisine. Les dessins des listes B (liste de test 2) et D (liste de familiarisation 2) représentent des plantes, des légumes et des outils de jardinage (Figure 11).

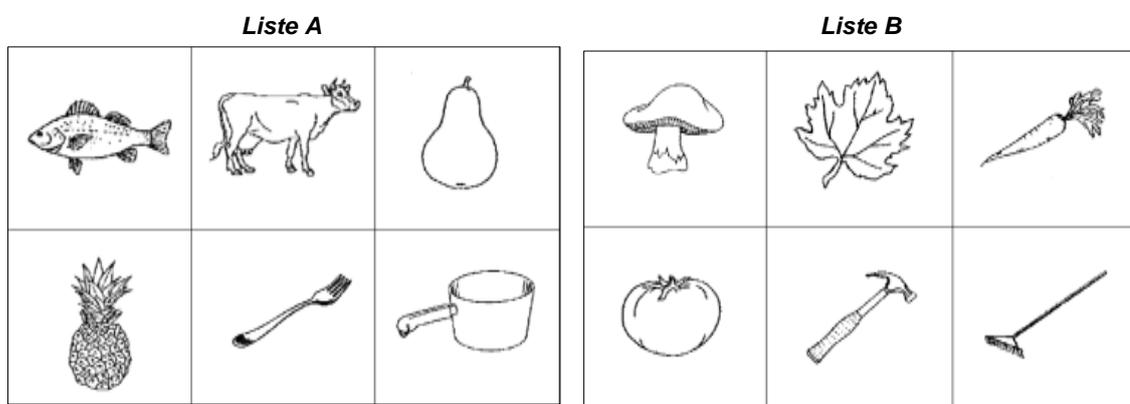


Figure 11. Les deux listes de mots à mémoriser pour les GS.

Les dessins provenaient de Cykowicz et al. (1997, adaptés pour les enfants français par Alario & Ferrand, 1999), ce qui nous a permis d'équilibrer les niveaux de familiarité, d'accord de nom et de complexité visuelle, entre les deux paires de listes. De plus, nous avons utilisé la base de données lexicale MANULEX (Lété et al., 2004) pour contrôler la fréquence d'utilisation des noms des éléments (Tableau 20 et Annexes D3 à D7 pour le détail).

Tableau 20.*Caractéristiques des listes de mots pour l'expérimentation 1 – étude 3 TREFLE*

	Fréquence Niveau CP MANULEX	Familiarité *	Accord image *	Complexité *	Complexité visuelle **
Moy items de Familiarisation Liste A	424.69	4.09	3.50	2.29	2.87
Moy items de Familiarisation Liste B	226.45	2.48	3.86	3.20	2.80
Moyenne Liste A	226.99	3.58	3.86	2.92	2.95
Moyenne Liste B	160.60	3.21	3.68	2.64	2.55

Notes : * provenant de Alario et Ferrand (1999) ; ** provenant de Cycowicz (1997).

La liste A est utilisée comme tâche principale et la liste B comme tâche de transfert pour la moitié des participants, et inversement pour l'autre moitié. Le score de rappel est constitué du nombre de mots correctement rappelés. La tâche est présentée comme un jeu dans lequel l'enfant doit mémoriser les objets dessinés. Conformément à la procédure décrite par Hitch et al. (1989), les dessins sont alignés sur la table, face cachée. L'expérimentateur retourne la carte la plus à gauche pendant deux secondes, puis la cache à nouveau. Il retourne ensuite la carte juste à droite pendant deux secondes avant de la remettre face cachée. Cette procédure est répétée jusqu'à ce que l'enfant ait vu tous les dessins. Il s'agit de l'étape d'encodage. Une fois que la dernière carte est retournée, l'expérimentateur pointe la carte la plus à gauche, sans la retourner, et demande à l'enfant de nommer l'élément présenté de l'autre côté. L'expérimentateur fait ensuite de même pour le reste des cartes. Il s'agit de l'étape de rappel.

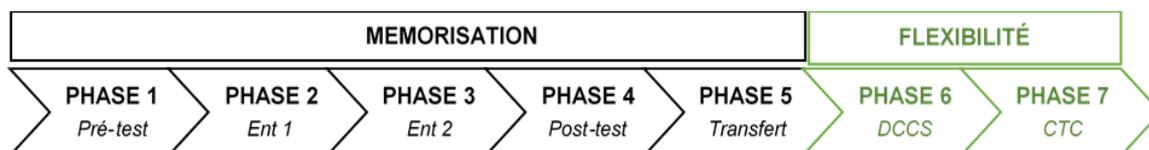
Les enfants marquent un point à chaque fois qu'ils se souviennent correctement du nom de l'élément sur la carte en question (nom correct à la bonne position). Aucun point n'est attribué s'ils se rappellent correctement le nom de l'un des éléments, mais que ce n'est pas l'élément indiqué à ce moment-là (emplacement incorrect). Le score de rappel, par essai, correspond au total de points marqués. Le score stratégique, par essai, est le nombre total de mots autorépétés à voix haute dans l'ordre de présentation des objets ('*rehearsal set size*', Schneider et al., 2009). La tâche comprend deux essais de familiarisation (liste C ou D). Le premier essai est constitué de trois dessins choisis au hasard parmi six, et le second essai comprend les six dessins. L'enfant doit ensuite réaliser dix essais avec les six dessins de la liste A ou B (voir ci-dessous pour plus de détails). Les items sont présentés dans un ordre aléatoire dans chacun des dix essais.

2.3. Procédure

L'étude comprend sept phases : cinq phases de mémorisation et deux évaluations de la flexibilité. Les participants sont assignés au hasard à un groupe expérimental ayant reçu un entraînement explicite à l'utilisation de la stratégie de répétition ($n = 34$) ou à un groupe témoin non entraîné ne recevant aucune formation explicite sur la stratégie ($n = 34$). Le Tableau 21 reprend ces phases et les principaux scores associés.

Tableau 21.

Déroulement typique des expérimentations 1 et 2 de l'étude 3 TREFLE



Détail des 7 étapes des expérimentations 1 et 2 de l'étude TREFLE

P H A S E	TACHES DE MEMORISATION					TACHE DE FLEXIBILITE	
	1 PRE-TEST	2 Entraînement ou contrôle	3 Entraînement ou contrôle	4 POST-TEST	5 TRANSFERT	6 DCCS	7 CTC
JOUR	LUNDI	MARDI	JEUDI	VENDREDI	LUNDI	MARDI (matin)	MARDI (AM)
M A T E R I E L					 		
S C O R E		RAPPEL		STRATEGIE		Phase 3 Cadre	Différence de temps (sec)
	Essai	1	2	1	2	/ 12	Essai 2 – Essai 1
	Total	/ 6	/ 6	/ 6	/ 6		

2.3.1. Mémorisation (Phase 1 à 5)

Les enfants étaient confrontés à une tâche de mémorisation comprenant une liste de six dessins en noir et blanc à retenir et ce, à cinq reprises : Prétest (Liste A), Entraînement stratégique 1 (Liste A) ; Entraînement stratégique 2 (Liste A), Post-Test (Liste A), Transfert (Liste B). L'épreuve consiste en une tâche de rappel sériel des noms d'items présentés visuellement. A chaque essai, six images sont présentées. Les images sont présentées face cachée puis retournées une à une pendant deux secondes, avant de déclencher le rappel (Hitch et al., 1989). La durée de l'encodage est de 30 secondes. La phase de Prétest commence par une phase de familiarisation avec deux essais de familiarisation, suivis des cinq phases de mémorisation comportant chacune deux essais. Dans chacun de ces dix essais, les items sont présentés dans un ordre aléatoire. Les essais de familiarisation suivent la même procédure que dans le Prétest (voir ci-dessous) mais utilisent des éléments de la liste C ou D.

Le prétest (phase 1) consiste à encoder et à rappeler les éléments pour chaque essai, comme décrit ci-dessus. L'enfant doit effectuer une tâche de comptage pendant 30 secondes entre les deux essais.

Ensuite, pour le groupe entraîné, la première phase d'entraînement à la stratégie a suivi (phase 2), phase au cours de laquelle l'expérimentateur explique de manière explicite la stratégie d'autorépétition avant le premier essai, et encourage l'enfant à utiliser cette stratégie lors des deux essais : « *Quand je veux mémoriser des dessins, je répète les noms des images à plusieurs reprises, à voix haute, comme ceci* ». L'expérimentateur fait ensuite une démonstration de la stratégie d'autorépétition en prononçant plusieurs fois le premier mot à haute voix, puis en prononçant les deux premiers mots, puis les trois premiers mots, etc., jusqu'au sixième mot de la série. L'enfant doit alors répéter les noms des six éléments de la même manière. L'enfant fait ensuite le premier essai d'entraînement, suivi immédiatement du deuxième essai.

Dans la deuxième phase d'entraînement à la stratégie (phase 3), l'expérimentateur demande à nouveau à l'enfant d'utiliser la stratégie d'autorépétition et d'essayer de rappeler les éléments. Si l'enfant ne se souvient pas de la stratégie, l'expérimentateur la montre à nouveau en répétant les noms des trois premiers dessins. Dans ces deux phases d'entraînement, aucun feedback n'est donné comme précédemment, mais à la fin de l'essai 2 l'expérimentateur félicite l'enfant pour son rappel et souligne l'utilité de la stratégie d'autorépétition « *Je pense que ça t'a aidé de répéter les noms des choses dessinées* ».

Le Post-test (phase 4) est identique au Prétest, c'est-à-dire qu'il y a une tâche de comptage entre les deux essais, et aucune suggestion sur le recours à la stratégie n'est donnée.

Les essais de Transfert (phase 5) sont proposés de la même manière mais avec une nouvelle liste de dessins pour le rappel (A ou B, selon celle qui n'a pas été utilisée dans les phases 1 à 4). Dans cette dernière phase, une tâche de comptage entre les essais est proposée et il n'y a pas d'incitation explicite à utiliser la stratégie.

Le groupe contrôle non entraîné suit la même procédure de familiarisation, puis les cinq phases où ils réalisent exactement la même tâche comme le Prétest du groupe expérimental, les cinq fois (avec changement de liste en transfert), puisqu'ils n'ont pas d'entraînement à la stratégie aux phases 2 et 3. Nous avons veillé à contrebalancer l'ordre des listes utilisées. Dix-neuf enfants du groupe expérimental ont commencé avec la liste A ; 15 enfants ont commencé avec la liste B. Dans le groupe contrôle, 16 enfants ont commencé avec la liste A et 18 enfants ont commencé avec la liste B.

Pour les cinq phases (Prétest, Entraînement 1, Entraînement 2, Post-test, Transfert), chaque enfant est testé sur deux essais de rappel et deux essais stratégiques. Ainsi, pour chaque enfant et pour chaque essai, les scores de rappel (0 à 6 mots correctement rappelés) et les scores stratégiques (0 à 6 mots autorépétés) sont relevés. La moyenne des deux essais a été calculée pour chaque enfant pour ces deux variables dépendantes. L'ensemble de la session de mémorisation dure environ 30 minutes.

2.3.2. Flexibilité (Phases 6 et 7)

Les participants ont effectué les tâches DCCS et CTC en deux sessions, la première épreuve le matin et la seconde l'après-midi. La moitié des enfants a commencé avec le DCCS et l'autre moitié avec le CTC. Les scores DCCS sont basés uniquement sur la phase 3 (avec les cadres noirs ; score maximum 12). Pour le test CTC, les différences positives (durée de la condition de switching moins durée de la condition contrôle) ont montré qu'il était plus difficile de compléter la séquence de couleurs alternées. La durée totale des deux épreuves était de 15 à 20 mn.

Le déroulement typique de l'expérimentation était : lundi (essais de familiarisation et prétest), mardi (premier entraînement à la stratégie ou essais de contrôle), jeudi (deuxième entraînement à la stratégie ou essais de contrôle), vendredi (post-test), lundi (transfert) et mardi (flexibilité cognitive) (Tableau 21). En raison des jours de repos (mercredi et weekend) le déroulement complet pouvait ainsi s'étaler jusqu'à 8 ou 9 jours.

2.4. Résultats

2.4.1. Plan expérimental et Variables Dépendantes

L'étude se décompose en sept phases (Tableau 21). Un plan expérimental 2 (Groupe : entraîné ou contrôle) * 3 (Phase : Prétest, Posttest, Transfert) est utilisé. Plusieurs mesures ont été utilisées comme variables dépendantes que nous allons maintenant présenter. Le Tableau 22 synthétise les résultats moyens obtenus pour toutes ces variables dépendantes.

Tableau 22.

Statistiques Descriptives des variables de l'expérimentation 1- étude 3 TREFLE

Groupe	ENTRAÎNÉ		CONTRÔLE	
	Stratégie (/6)	Rappel (/6)	Stratégie (/6)	Rappel (/6)
Mémorisation				
Prétest	.29 (.13)	2.24 (.21)	.09 (.06)	2.08 (.21)
Post-test	1.93 (.35)	2.79 (.24)	.32 (.10)	2.94 (.22)
Transfert	2.06 (.33)	2.75 (.21)	.49 (.17)	1.93 (.21)
Flexibilité				
DCCS (/12)	7.81 (2,5)			
CTC (sec)	78.78 (84,8)			

Notes : Moyennes (Ecart-type SD)

Les scores de flexibilité correspondent à la moyenne obtenue pour l'échantillon total, sans distinction des groupes.

DCCS = Dimensional Change Card Sort, CTC = Color Trails for Children

Chaque enfant a donc fourni 10 scores de rappel, 10 scores stratégiques et deux scores de flexibilité, soit 22 scores différents, pour un total de 1496 scores individuels exploitables qui ont été utilisés pour les analyses statistiques. Ces analyses ont été réalisées avec Statistica 13.3 ©.

2.4.2. Analyses préliminaires

Nous avons d'abord voulu exclure les effets de genre ou de liste de mots. Cela a été vérifié par une analyse préliminaire des données et ces facteurs n'ont pas été inclus dans les analyses suivantes. Les statistiques descriptives de la stratégie d'autorépétition et du rappel sériel sont fournies dans le Tableau 22. Les participants ayant reçu une première liste de mots aux Prétest et au Post-test, et une seconde liste de mots au Transfert, nous avons réalisé deux analyses. Le détail de ces analyses est synthétisé en Annexe D.10.

Les MANOVA ont été privilégiées pour éviter l'erreur de type 2, en accroissant la puissance statistique par la prise en compte de plusieurs variables dépendantes au lieu d'une seule. Une première MANOVA à mesures répétées sur le dernier facteur 2 (genre) * 2 (liste A vs liste B) * 2 (Phase : Prétest vs Post-test) a été réalisée sur les scores moyens de rappel et d'autorépétition. Il ressort de cette analyse un effet significatif concernant la phase ($W = 0,66$, $F(2,63) = 15,99$, $p < .001$, $\eta^2 = 0,34$), mais pas d'effet du genre ou de la liste de mots. Une deuxième MANOVA 2 (genre) * 2 (liste A vs liste B) sur les scores moyens de rappel et d'autorépétition au Transfert, ne produit aucun effet significatif du genre ou de la liste de mots. Ainsi, ces deux facteurs n'ont pas été inclus dans les analyses ultérieures, et les listes A et B sont considérées comme étant de difficulté équivalente.

2.4.3. Influence de la Flexibilité sur le rappel

Afin d'analyser les liens potentiels entre flexibilité cognitive et rappel au transfert, nous avons réalisé plusieurs analyses de régression (les statistiques descriptives de la flexibilité cognitive sont fournies dans le Tableau 22). L'ensemble des résultats est synthétisé et regroupé dans le Tableau 23 ci-dessous.

Tableau 23.

Effet de la flexibilité sur les scores de Rappel (régression pas à pas) pour l'expérimentation 1-étude 3 TREFLE

	β	R^2 Ajusté	F	p Exact
Flexibilité * Age				
		Expérimentation 1		
		Prétest		
DCCS		-		
CTC		-		
Age*	.25	.05	4.57	.036*
		Posttest		
DCCS		-		
CTC	-.32	.09	7.53	.008**
Age		-		
		Transfert		
DCCS		-		
CTC	-.27	.06	5.37	.024*
Age		-		

Notes : concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

Pour chaque phase, les scores au CTC et ceux au DCCS ont été utilisés dans deux analyses de régression différentes, mais pour plus de commodité, nous les présentons ensemble ici. De plus, lorsque l'âge avait un effet, nous n'avons rapporté cet effet qu'une seule fois, car les valeurs spécifiques tenant compte de l'âge sont les mêmes (*) ou très proches (**) pour les scores CTC * Âge et les scores DCCS * Âge.

Avec le CTC, nous avons examiné les associations entre la flexibilité cognitive et le rappel dans trois analyses de régression multiple pas à pas par étapes, sur les scores de rappel au Prétest, au Post-test et au Transfert, avec l'âge et le score au CTC comme prédicteurs. Au Prétest, l'âge prédit le rappel, mais pas les scores au CTC ; au Post-test et au Transfert, le score au CTC prédit le rappel, mais pas l'âge. Avec le DCCS, trois analyses similaires ont été menées en utilisant les scores du DCCS et l'âge comme prédicteurs. Les scores au DCCS ne prédisent pas le rappel, et l'âge prédit uniquement le rappel au Prétest.

Enfin, toujours avec la même hypothèse sous-jacente concernant la spécificité des deux mesures de flexibilité, nous avons calculé la corrélation entre les scores au CTC et ceux au DCCS. Le résultat est non significatif, $r = 0,05$, $p = .72$, ce qui suggère que ces tests évaluent des processus différents.

2.4.4. Stratégie d'autorépétition

Nous voulions ensuite vérifier si la flexibilité avait une incidence sur l'apparition d'une t-UD. La première étape de l'évaluation des t-UD est d'examiner si les enfants ont maintenu la stratégie d'autorépétition de la tâche principale (phases 1 - 4) à la tâche de transfert (phase 5). Afin de maximiser la puissance statistique et d'éviter l'erreur de type 2, le score d'autorépétition a été soumis à une analyse de covariance en mesures répétées (*repeated measures Ancova*, *rmAncova*) 3 (Prétest, Post-test, Transfert) * 2 (groupe entraîné vs groupe contrôle). L'Ancova est recommandée pour augmenter la puissance statistique (Tabachnick & Fidell, 2013). Les scores de flexibilité et l'âge constituent les covariables. Comme nous supposons que le DCCS et le CTC mesurent différents processus sous-jacents à la flexibilité cognitive, nous avons effectué deux analyses distinctes, l'une avec les scores DCCS et l'autre avec les scores CTC. Comme nous avons émis l'hypothèse que les scores au CTC seraient plus prédictifs du rappel que les scores au DCCS, nous rapportons l'analyse utilisant les scores CTC en premier.

En utilisant les scores au CTC et l'âge comme covariables, l'analyse a donné un effet principal significatif du groupe ($F(1, 64) = 23,83$, $p < .001$, $\eta^2 = 0,27$), le groupe entraîné surpassant le groupe contrôle ($M = 1,43$, $SE = 0,16$, 95 % IC [1,10, 1,76] et $M = 0,30$, $SE = 0,16$, IC 95% [-0,03, 0,62] respectivement). L'interaction Groupe * Tâche est significative, ($F(2, 128) = 10,02$, $p < .001$, $\eta^2 = 0,14$). Aucun autre effet n'est significatif. Afin de comprendre l'interaction Groupe * Tâche (Figure 12a), nous avons effectué deux ANOVA à mesures répétées sur le facteur Tâche, une pour chaque groupe.

Pour le groupe entraîné, l'effet de la tâche est significatif, ($F(2, 66) = 18,04$, $p < .001$, $\eta^2 = 0,35$). Comme prévu, l'analyse post-hoc (Bonferroni) montre des différences significatives entre le Prétest ($M = 0,29$, $SE = 0,13$, IC 95% [0,03, 0,56]) et le Post-test ($M = 1,93$, $SE = 0,35$, IC 95%

[1,22, 2,63]), $p < .001$, et entre le Prétest et le Transfert ($M = 2,06$, $SE = 0,33$, IC 95% [1,39, 2,73]), $p < .001$. Les scores stratégiques au Post-test et au Transfert ne diffèrent pas de manière significative ($p = 1$). Ainsi, comme prévu, les scores stratégiques moyens ne changent pas du Post-test au Transfert dans les deux groupes (Figure 12a).

Pour le groupe contrôle, l'effet de la Tâche est significatif ($F(2, 66) = 3,95$, $p < .05$, $\eta^2 = 0,11$). Les tests de Bonferroni (analyse post-hoc) indiquent une augmentation significative ($p < .02$) du Prétest ($M = 0,09$; $SE = 0,06$) au Transfert ($M = 0,49$; $SE = 0,17$). Aucune autre différence significative n'est observée. Nous pouvons plus particulièrement noter une absence de différence significative entre le Post-test et le Transfert, indiquant que les enfants ont transféré la stratégie de répétition de la tâche principale à la tâche de transfert sans aucune diminution de la qualité de la stratégie. Voici les résultats détaillés : entre le Prétest ($M = 0,09$, $SE = 0,06$, IC 95% [-0,04, 0,21]) et le Post-test ($M = 0,32$, $SE = 0,10$, IC 95% [0,12 ; 0,53]), $p = .31$, *ns* ; entre le Post-test et le Transfert ($M = 0,49$, $SE = 0,17$, IC 95% [0,13, 0,84]), $p = .78$, *ns*).

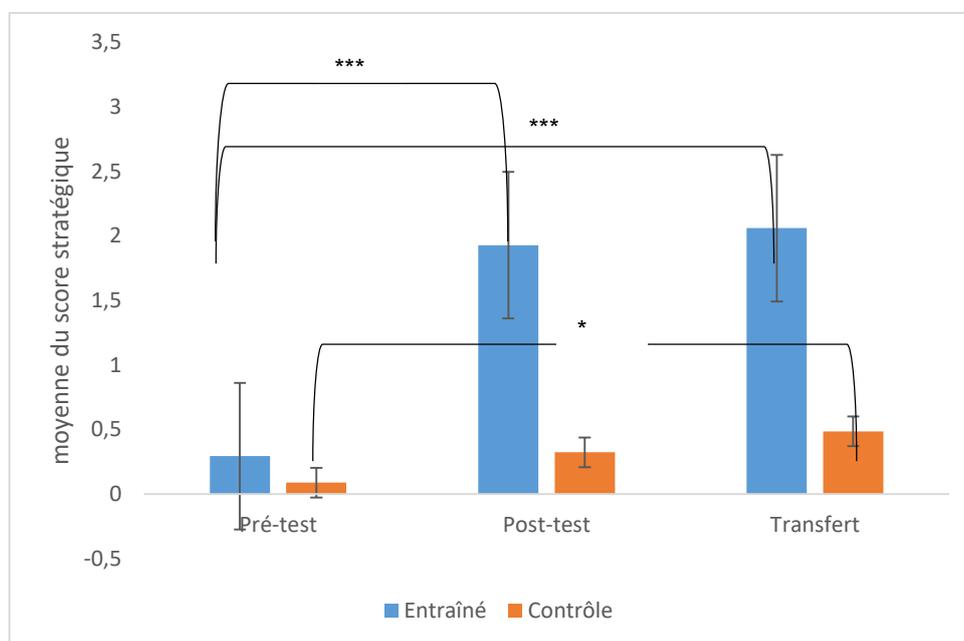


Figure 12a. Score stratégique moyen au Prétest, au Post-test et au Transfert, pour les enfants entraînés et non entraînés (groupe contrôle) de l'expérimentation 1-TREFLE.
Notes concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$. Les barres verticales indiquent les écarts-types.

Une rmAncova similaire utilisant l'âge et le DCCS comme covariables a donné le même pattern de résultats, sans effets de l'âge ni des scores au DCCS, mais avec des effets significatifs pour le groupe ($F(1,65) = 25,02$, $p < .001$, $\eta^2 = 0,28$) et pour l'interaction Tâche * Groupe ($F(2,128) = 10,19$, $p < .001$, $\eta^2 = 0,14$). En résumé, les deux analyses - utilisant les scores CTC ou DCCS comme covariables - ont montré que le score stratégique était stable du Post-test au Transfert, ce qui est la première condition pour une t-UD.

2.4.5. Rappel sériel

Après avoir examiné la stratégie, la deuxième étape pour révéler l'existence d'une t-UD consiste à déterminer si le transfert de la stratégie s'est accompagné d'une diminution des performances au rappel. Une rmAncova 3 x 2 avec le facteur tâche intra-sujet (Prétest, Post-test, Transfert) et le facteur groupe inter-sujets (entraîné ou contrôle) sur les scores moyens de rappel est réalisée. A nouveau, deux analyses distinctes ont été faites, en utilisant comme covariables les scores au CTC d'une part (ainsi que l'âge) ou ceux au DCCS d'autre part (ainsi que l'âge), car ces tests sont censés mesurer différentes facettes de la flexibilité cognitive.

La première analyse a utilisé l'âge et le score CTC comme covariables. Après contrôle des effets significatifs de l'âge ($F(1, 64) = 5,09, p < .05, \eta^2 = 0,07$), et des scores au CTC ($F(1, 64) = 8,26, p < .05, \eta^2 = 0,11$), les résultats révèlent un effet du Groupe approchant le seuil de significativité usuel ($F(1, 64) = 3,4, p = .069, \eta^2 = 0,05$), et un effet significatif concernant l'interaction Tâche * Groupe ($F(2, 128) = 4,06, p < .05, \eta^2 = 0,06$). L'effet principal de la tâche n'est pas significatif.

Afin de comprendre l'interaction Tâche * Groupe (Figure 12b), nous avons effectué deux ANOVA à mesures répétées sur le facteur tâche, une pour chaque groupe.

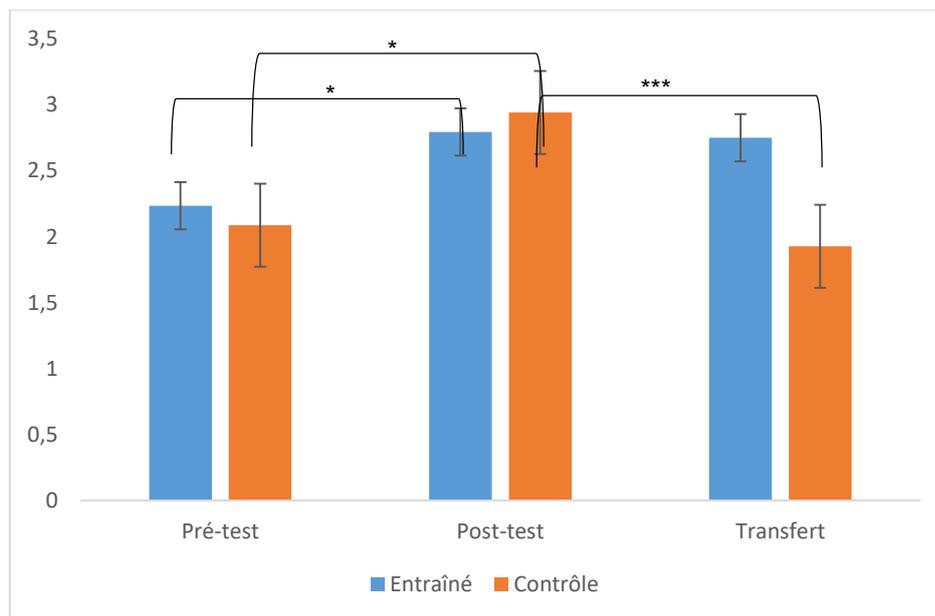


Figure 12b. Scores moyens de rappel au Prétest, au Post-test et au Transfert chez des enfants entraînés et non entraînés dans l'expérimentation 1.

Notes concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$. Les barres verticales indiquent les écarts-types.

Dans le groupe entraîné, l'effet de la tâche est significatif, ($F(2, 66) = 3,8, p < .05, \eta^2 = 0,10$). Le score de rappel moyen s'est amélioré de manière significative (test de Bonferroni, $p < .05$) du Prétest au Post-test ($M = 2,24, SE = 0,21, IC\ 95\% [1,81, 2,66]$ et $M = 2,79, SE = 0,24, IC\ 95\%$

[2,31, 3,28] respectivement), mais le plus pertinent est que, contrairement au groupe contrôle, et comme prévu, aucune différence significative n'est apparue (test de Bonferroni, $p = 1$) entre le Post-test et le Transfert ($M = 2,75$, $SE = 0,21$, IC 95% [2,33, 3,17]), indiquant l'absence de t-UD (Figure 12b). Dans le groupe contrôle, l'effet de la tâche est significatif ($F(2, 66) = 8,39$, $p < .001$, $\eta^2 = 0,20$). Le rappel s'est amélioré de manière significative (test de Bonferroni $p < .05$) du Prétest au Post-test ($M = 2,08$, $SE = 0,21$, IC 95% [1,65, 2,52] et $M = 2,94$, $SE = 0,22$, IC 95% [2,49, 3,39] respectivement), mais le plus pertinent est qu'il a diminué de manière significative (test de Bonferroni $p < .001$) du Post-test au Transfert ($M = 1,93$, $SE = 0,21$, IC 95% [1,51, 2,35]), ce qui indique une t-UD (Tableau 22).

Comme précédemment, nous avons réalisé une rmAncova utilisant l'âge et les scores au DCCS comme covariables. Celle-ci a produit des résultats légèrement différents, avec un effet significatif de l'âge, ($F(1,64) = 4,18$, $p < .05$, $\eta^2 = 0,06$) et un effet significatif de l'interaction Groupe * Tâches ($F(2, 128) = 3,89$, $p < .05$, $\eta^2 = 0,06$), mais aucun effet du DCCS ou du groupe. Ces résultats suggèrent que, contrairement aux scores stratégiques, les scores de rappel pendant le transfert sont liés aux scores au CTC, mais pas aux scores au DCCS.

2.5. Discussion

Pour rappel, l'objectif principal de cette étude était de tester l'implication de la flexibilité cognitive sur la capacité d'enfants de 5 à 7 ans à transférer une stratégie mnésique pour laquelle ils avaient reçu un entraînement explicite, ainsi que sur l'effet bénéfique de cette stratégie sur le rappel en tâche de transfert. En premier lieu, nous supposons que la flexibilité cognitive joue un rôle important dans le transfert, puisque transférer un apprentissage nécessite d'envisager les différentes tâches de manière flexible : nous nous attendions donc à ce qu'une même stratégie mnésique soit transférée plus efficacement par un élève plus flexible que par un élève moins flexible (H1). Cette hypothèse a été vérifiée. Cette expérimentation apporte la preuve que la flexibilité cognitive impacte le transfert de stratégies en affectant l'apparition des t-UD. En effet, les scores au CTC ont prédit le rappel pendant le transfert (validant ainsi notre Hypothèse 1) mais pas les scores au DCCS.

Concernant notre deuxième hypothèse, comme prévu, nous avons décelé des t-UD dans le groupe d'enfants qui n'étaient pas entraînés à utiliser la stratégie d'autorépétition, mais pas chez les enfants qui avaient reçu l'entraînement stratégique. Ces résultats étendent les résultats des études précédentes, en montrant l'existence d'une t-UD dans une tâche de rappel avec une stratégie d'autorépétition chez des enfants âgés de 4 à 6 ans. Dans le groupe contrôle, les scores stratégiques sont stables du Post-test au Transfert, ce qui montre que le changement de tâche (transfert) n'a pas affecté la capacité des enfants à produire correctement la stratégie. Cependant, le rappel a diminué de manière significative du Post-test au Transfert, indiquant des t-UD. Comme nous savons que l'adaptabilité est au cœur du transfert (Schwartz et al., 2012),

l'adaptation de la stratégie à la tâche de transfert a pu consommer les ressources cognitives des enfants, laissant peu de place à l'encodage des items et faisant ainsi chuter le rappel. Cela pourrait s'expliquer par une surcharge cognitive liée spécifiquement au transfert. En effet, dans cette phase de transfert, l'enfant se focalise sur les caractéristiques des nouveaux items : il rencontrerait des difficultés à appréhender la nouvelle tâche, ce qui ne lui laisserait que trop peu de ressources disponibles pour se concentrer sur l'encodage des items. Face à la nouvelle liste d'items, les enfants pourraient ainsi se dire « *tiens, un râteau, je ne l'avais pas encore vue cette image* » et leurs ressources se focaliseraient sur l'aspect nouveauté, alourdissant le traitement de l'information ce qui se répercute sur leurs performances de rappel.

Comme le souligne Efklides (2011), la nouveauté fait partie des indices qui signalent quelle sont la tâche, la conduite et l'action à réaliser. Ainsi, les expériences métacognitives (Efklides, 2011) engendrent un coût cognitif qui pourrait entraîner une t-UD. Pendant la tâche, l'enfant doit en effet guider et contrôler son action, ce qui est coûteux. Toutes ces informations sont transférées et traitées par la MDT, qui pourrait aussi avoir un rôle clé dans les expériences métacognitives (Efklides, 2011). Ainsi, il semble que l'adaptation de la stratégie peut mobiliser plus spécifiquement les compétences d'autorégulation des enfants, qui sont très coûteuses et nécessitent des efforts. Par ailleurs, les enfants du groupe contrôle n'ont pas reçu l'entraînement à l'utilisation de la stratégie et aucune remarque sur l'utilisation de celle-ci ne leur a été faite. Ils étaient face à la même tâche plusieurs fois de suite sans changement, et certains pouvaient d'ailleurs montrer une certaine lassitude face à la première série d'items proposée.

Le groupe entraîné a augmenté ses scores stratégiques (autorépétition) du Prétest au Post-test, montrant par-là l'efficacité de l'entraînement. De plus, dans ce groupe, les scores stratégiques sont restés stables du Post-test au Transfert, indiquant la robustesse de l'entraînement. Le rappel est par ailleurs resté stable entre le Post-test et le Transfert, ne montrant aucune t-UD. Cela suggère que l'entraînement stratégique a accru l'automatisation de la stratégie et réduit l'effort pour la produire et l'adapter à la tâche de transfert, les protégeant ainsi d'une t-UD. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les enfants entraînés ont été moins gênés par la nouveauté des items de la tâche de transfert, car ils avaient davantage de ressources cognitives à leur disposition.

Par ailleurs, il convient de noter que les enfants non entraînés ont également augmenté leur score stratégique du Prétest au Transfert, ce qui suggère que la seule exposition répétée à la tâche les a aidés à acquérir spontanément la stratégie, et peut-être à la transférer dans une certaine mesure. Cependant, la stratégie, moins pratiquée que chez les enfants entraînés, ne leur a pas permis de maintenir leur niveau de rappel lors du transfert, faisant émerger dans ce groupe une t-UD. Ce résultat est cohérent avec les études montrant la supériorité de l'entraînement stratégique explicite sur une acquisition stratégique plus implicite (Chen & Klahr, 1999). A chaque phase, face à la tâche de rappel, l'enfant commence par activer ses

connaissances métacognitives sur soi et la tâche. Ainsi, un enfant ayant reçu l'entraînement à la stratégie peut se dire « *ah oui c'est le jeu des images ! Super ! J'aimais bien c'était facile ! Il faut que je redise plusieurs fois le nom des images dans ma tête pour bien m'en souvenir !* ». Ainsi, il met en œuvre le processus de planification et prévision propre à l'autorégulation (Winne, 2011, 2018 ; Zimmerman, 2013). De plus, comme le souligne Cosnefroy (2011), les stratégies mnésiques sont au cœur des apprentissages autorégulés, par lesquels l'élève acquiert de nouvelles connaissances en régulant lui-même ses mécanismes d'apprentissage. Ainsi, on peut imaginer que dans ces tâches de rappel, les enfants devaient à la fois se poser des questions propres à la tâche (« *quels dessins il y avait déjà ?*») mais aussi, et surtout, des questions métacognitives liées à l'utilisation de la stratégie (« *Alors il faut que je redise les mots dans ma tête comme on me l'a dit. Est-ce que j'ai bien auto répété ? ... Est-ce que j'ai répété le mot chien ?* »). Cela fait référence aux expériences métacognitives qui forment une interface entre l'apprenant et la tâche (Efklides, 2006, 2008) et qui ont pu aider les enfants à réussir la tâche.

Une autre explication concernant les bonnes performances du groupe entraîné tient au fait que les stratégies mnésiques sont plus facilement transférées dans des tâches ultérieures lorsque l'enfant a reçu une information métacognitive sur leur utilité (Paris et al., 1982). En effet, dans notre expérimentation, l'expérimentateur soulignait l'intérêt de cette stratégie et questionnait l'enfant à ce sujet lors des phases d'entraînement. Il est plus probable qu'un enfant continue à utiliser et à transférer une stratégie pour laquelle il a reçu un enseignement et qu'il a pu pratiquer, lui offrant ainsi l'opportunité d'apprendre où et quand cette stratégie fonctionne, quels sont ses avantages et comment elle peut être adaptée à de nouvelles situations (O'Sullivan & Pressley, 1984 ; Pressley et al., 1985 ; cités par Pressley & Harris, 2009). Une étude menée par Robson (2016) sur les dialogues réflexifs d'enfants âgés entre 4 et 5 ans a également montré qu'avoir une discussion explicite avec les enfants sur ce qu'ils ont fait et pensé, plutôt que de simplement s'en souvenir, est un bon moyen pour rendre la pensée et la compréhension des enfants plus consciemment disponibles pour eux.

Enfin, avec notre dernière hypothèse, nous souhaitons aussi étudier la validité concurrente de deux épreuves de flexibilité cognitive habituellement utilisées séparément, afin d'estimer l'intensité du recouvrement des processus impliqués par ces épreuves. Cette expérimentation a permis de confirmer que les deux épreuves choisies pour mesurer la flexibilité cognitive chez les jeunes enfants, le CTC et le DCCS, ne semblent pas mesurer les mêmes processus de flexibilité cognitive puisque nous n'avons trouvé aucune corrélation entre les scores. Ceci rejoint les résultats trouvés dans notre première étude (PUZADAPT) avec un autre test de traçage de piste le TRAIL-P. Transférer une stratégie d'autorépétition d'une liste de mots à une autre ne nécessite pas de comprendre un système complexe de règles hiérarchiques, telles que celles impliquées dans le DCCS. Au lieu de cela, une forte capacité à faire basculer son attention entre les deux listes, en comparant leurs caractéristiques, est nécessaire. Une telle bascule attentionnelle est évaluée plus directement dans le CTC, ce qui pourrait expliquer pourquoi les scores au CTC sont

significativement associés au rappel lors du transfert alors que les scores au DCCS ne le sont pas. En effet, le CTC implique une seule règle « *si-alors* », tandis que le DCCS implique une hiérarchie de deux règles « *si-alors* » enchâssées. Dans le CTC, les enfants doivent déterminer le numéro à choisir, puis appliquer la règle de changement de couleur « *si-alors* » : les nombres successifs ne sont liés que s'ils ont des arrière-plans de couleurs différentes. Ainsi, le CTC semble puiser dans une composante plus perceptive de la flexibilité cognitive, parfois appelée *switching attentionnel* (Konstantopoulos et al., 2014). En revanche, dans le DCCS qui est plus complexe, les enfants doivent d'abord appliquer la règle « *si-alors* » qui régit le choix du critère de tri (forme ou couleur) selon que le dessin est entouré ou non d'un cadre noir, puis appliquer de nouveau la règle de tri « *si-alors* » selon ce critère. Bien que le DCCS soit censé évaluer la flexibilité attentionnelle entre les règles (Doebel & Zelazo, 2015), il s'agit d'une tâche cognitive complexe qui peut également exploiter une partie plus conceptuelle de la flexibilité, généralement appelée flexibilité représentationnelle (Eichanbaum, 1997).

En résumé, cette expérimentation montre l'existence de t-UD, lors du transfert d'une stratégie d'autorépétition entre deux tâches de rappel de mots isomorphes. Ceci confirme et étend les résultats d'études antérieures, ayant montré l'existence de t-UD (Clerc & Miller, 2013 ; Clerc et al., 2017) ou ayant rapporté des patterns de résultats qui, depuis, ont été interprétés comme des t-UD (Bjorklund et al., 1994 ; De Corte et al., 2001 ; DeMarie-Dreblow & Miller, 1988 ; Schwenck et al., 2009 ; cf. Clerc et al., 2014 pour une revue). De plus, cette expérimentation apporte des éléments supplémentaires tendant à montrer que la demande en ressources cognitives peut être un mécanisme sous-jacent aux t-UD, en comparant les résultats d'enfants entraînés vs non entraînés. L'entraînement stratégique semble ainsi réduire les ressources cognitives nécessaires à la production d'une stratégie et à son adaptation à une tâche de transfert. Ces résultats offrent une perspective intéressante sur les difficultés d'enseigner aux enfants des stratégies cognitives, et plus largement des compétences, qui non seulement seront transférées à de nouveaux problèmes ou contextes mais qui y seront également efficaces. Nous avons voulu approfondir ces résultats dans l'expérimentation 2 en examinant à nouveau les rôles de la flexibilité cognitive et de l'entraînement stratégique, mais cette fois, chez des enfants légèrement plus âgés que dans l'expérimentation 1.

3. Expérimentation 2 : entraînement au tri (*sorting*) et au groupement catégoriel (*clustering*) chez des élèves de cours préparatoire

Le même schéma que l'expérimentation 1 a été suivi, à savoir : cinq phases de mémorisation et deux phases pour tester la flexibilité cognitive (Tableau 21). Cette fois, il s'agit de tester la robustesse et la généralisation des t-UD en examinant le transfert de deux stratégies d'organisation - le tri à l'encodage (*sorting*) et le groupement catégoriel au rappel (*clustering*) - dans une tâche de rappel libre. Des recherches antérieures ont montré que l'introduction de nouveaux mots et de nouvelles catégories dans une tâche de rappel libre, d'une étape à l'autre

au cours de la même session ou d'une session à une autre, peut conduire à des t-UD. Plus précisément, les enfants transfèrent la stratégie correctement mais rappellent néanmoins moins d'éléments, signe d'une moindre efficacité de la stratégie une fois transférée même si sa qualité intrinsèque (score stratégique) s'est maintenue (Bjorklund et al., 1994 ; Schwenck et al., 2007). Encore une fois, nous avons examiné les rôles de la flexibilité cognitive et de l'entraînement stratégique.

Nous avons émis l'hypothèse que la flexibilité cognitive aurait un impact sur le rappel en tâche de transfert, et qu'une t-UD émergerait chez les enfants ne recevant pas d'entraînement stratégique. L'entraînement stratégique devrait ainsi prémunir contre le risque de présenter une t-UD.

3.1. Méthodologie

3.1.1. Participants

Les participants étaient 72 enfants ($M = 6$ ans 6 mois ; $SD = 5,55$ mois, rang 5 ans 7 mois à 7 ans 5 mois, 36 filles) venant de divers milieux socioculturels. Ils fréquentaient deux écoles primaires rurales et une école primaire urbaine du Nord de la France. Ces enfants étaient tous scolarisés en classe de Cours Préparatoire. Aucun enfant ne présentait de signes de développement atypique, de troubles cognitifs ou des apprentissages, selon les jugements formulés par les enseignants des classes fréquentées.

3.2. Matériel

3.2.1. Flexibilité cognitive

Comme dans l'expérimentation 1, le CTC et le DCCS ont été utilisés pour évaluer la flexibilité cognitive. Nous avons inclus la tâche du DCCS dans l'expérimentation 2, même si les scores au DCCS ne prédisaient pas le rappel dans l'expérimentation 1, parce qu'il s'agit de la tâche la plus couramment utilisée pour mesurer la flexibilité cognitive dans la recherche sur le développement des FE, et parce qu'elle peut fournir des informations supplémentaires pour comprendre le transfert des stratégies de tri et de groupement catégoriel.

3.2.2. Mémorisation (rappel libre)

Comme pour l'expérimentation 1 auprès des élèves de GS, le matériel consistait en des mots généralement enseignés en sciences à l'école. Nous avons construit deux nouvelles listes de tests (E et F), chacune contenant 20 dessins couvrant quatre catégories (cinq dessins par catégorie). Les dessins de la liste E représentent des animaux, des fruits, des ustensiles de cuisine et des vêtements ; ceux de la liste F sont des plantes, des légumes, des outils de jardinage et des meubles (Figure 13 ; dessins en noir et blanc repris de Cycowicz et al., 1997). Là encore,

nous avons soigneusement pris en compte les caractéristiques des éléments (Tableau 24) afin d'équilibrer la difficulté des listes en vérifiant la fréquence (MANULEX), la familiarité, l'accord image et la complexité (Alario & Ferrand, 1999) ainsi que la complexité visuelle (Cycowicz et al., 1997) des mots. Ces deux nouvelles listes sont présentées en détail en Annexes D4 et D5.

Tableau 24.

Caractéristiques des items pour l'expérimentation 2 - étude 3 TREFLE

	Fréquence niv CP Manulex	Familiarité *	Accord image *	Complexité *	Complexité visuelle **
Moyenne Liste E	192.719	3.757	3.712	2.594	2.737
Moyenne Liste F	172.906	3.412	3.377	2.873	2.781

Notes : * provenant de Alario et Ferrand (1999) ; ** provenant de Cycowicz (1997)

Nous avons réutilisé les listes C et D de l'expérimentation 1 en tant que listes de familiarisation. La tâche était présentée comme un jeu dans lequel les enfants devaient mémoriser les dessins. L'expérimentateur place au hasard les 20 dessins face visible sur la table, en s'assurant qu'il n'y a pas deux cartes de la même catégorie côte à côte. Après avoir été exposés pendant deux minutes, les dessins sont retournés et l'enfant doit rappeler verbalement le plus grand nombre possible d'éléments. Les scores de rappel correspondent au nombre d'éléments rappelés correctement, indépendamment de l'ordre dans lequel ils ont été mémorisés.



Figure 13. Les deux listes de mots à mémoriser pour les CP.

Deux stratégies d'utilisation des catégories dans un but de mémorisation sont étudiées ici. Comme leur nom l'indique, elles consistent à regrouper les items en fonction d'une même catégorie. Ces deux stratégies se distinguent en fonction du moment où est effectué le groupement : s'il est opéré à l'encodage (e.g., Schlagmüller & Schneider, 2002) ou au rappel (e.g., Bjorklund et al., 1992). Le tri à l'encodage (*sorting*) permet d'organiser l'information dès le début du processus de mémorisation, et peut ensuite être utilisé pour guider la récupération lors du rappel. Le groupement au rappel (*clustering*) consiste à restituer les items par catégories et non pas dans un ordre aléatoire. De plus, le tri est une mesure plus pure de la stratégie que le groupement catégoriel, qui est en partie le résultat de processus associatifs non stratégiques (Hasselhorn, 1992). En revanche, le tri est plus difficile à mesurer si, comme cela se produit

souvent, les enfants ne manipulent pas directement les cartes. La combinaison des deux mesures stratégiques compense en partie les inconvénients de chaque mesure. Nous avons donc utilisé deux mesures de stratégie : un score de tri à l'encodage (*sorting*) et un score de groupement catégoriel au rappel (*clustering*) (voir Bjorklund et al., 2009).

La tâche débute par deux essais de familiarisation utilisant les éléments de la liste C (liste D pour la moitié des participants). Quatre dessins sont montrés à chaque enfant lors du premier essai et six autres au deuxième essai. Les cinq phases de mémorisation sont ensuite proposées à chaque enfant avec pour chacune, deux essais utilisant les 20 éléments de la liste E (F pour la moitié des participants) pour les quatre premières phases et la liste F (E pour la moitié des participants) pour la dernière phase de transfert.

3.3. Procédure

Trente-six enfants ont été assignés au hasard au groupe expérimental et 36 au groupe contrôle. Lors des phases de mémorisation, les enfants du groupe expérimental reçoivent un entraînement explicite à la stratégie de tri, mais aucun concernant le groupement catégoriel. Des recherches ont montré que l'entraînement au tri à lui seul augmente les scores de tri et de groupement catégoriel (Schwenck et al., 2007). Les enfants du groupe contrôle n'ont reçu aucun entraînement stratégique.

3.3.1. Mémorisation (Phase 1 à 5)

Comme dans l'expérimentation 1, après les essais de familiarisation, la tâche de rappel libre s'est déroulée en cinq phases, une par jour, puis les deux tests de flexibilité cognitive sont proposés au cours des deux dernières phases. L'ensemble du cycle peut ainsi durer de 8 à 9 jours en raison de plusieurs contraintes (jours de congé) (Tableau 21). Au cours des phases de Prétest, Post-test et de Transfert, les enfants sont invités à effectuer une tâche de comptage entre les essais.

La première phase -Prétest- (phase 1) consiste à réaliser la tâche de rappel libre sans plus d'information.

La première phase d'entraînement à la stratégie (phase 2) débute avec l'explication et la démonstration par l'expérimentateur de la stratégie de tri à chaque enfant du groupe expérimental en disant : « *Quand je veux me souvenir des dessins, je rassemble toutes les images appartenant à la même famille, comme ceci* ». L'expérimentateur place ensuite les images en groupes de cinq selon leur catégorie et place chacun de ces groupes à l'un des quatre coins d'un carré imaginaire. Les dessins de chaque catégorie sont placés dans une ligne de trois dessins au-dessus et une ligne de deux dessins juste en dessous comme schématisé dans la Figure 14.

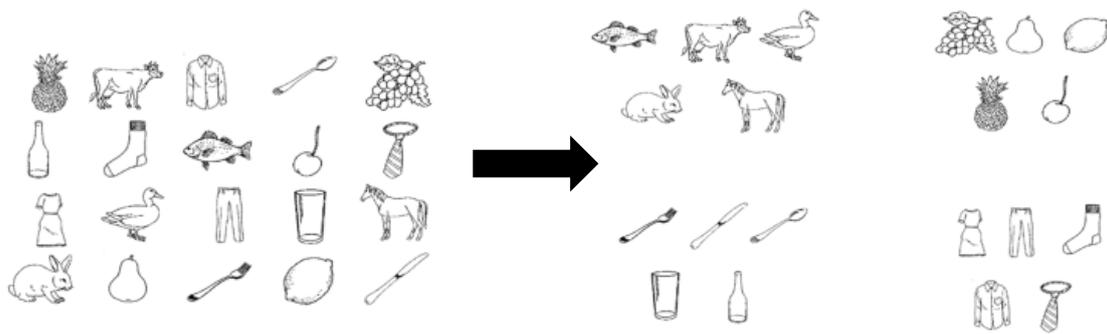


Figure 14. Schématisation de la stratégie de tri (sorting).

Ensuite, l'expérimentateur explique les liens entre les éléments de chaque catégorie, en passant par les quatre catégories (par exemple, "Regarde, un poisson est un animal et une vache aussi, nous pouvons donc les mettre ensemble, ils appartiennent à la même famille."). Une fois que tous les éléments des quatre catégories ont été regroupés, l'expérimentateur nomme chacune d'elles, en la désignant par le doigt et en disant : « Maintenant, je les regarde attentivement dans chaque famille, donc je m'en souviens ». Il mélange ensuite les dessins sur la table, en s'assurant qu'il n'y avait pas deux items de la même catégorie côte à côte. L'enfant a deux minutes pour les regrouper dans les quatre catégories afin de les mémoriser. Après 1 minute 45 secondes (soit 15 secondes avant la fin du temps alloué pour regrouper les éléments), l'expérimentateur photographie les groupes créés par l'enfant. Quinze secondes plus tard, il cache les dessins et lance le rappel. Le deuxième essai suit la même procédure.

Au cours de la deuxième phase d'entraînement à la stratégie (phase 3), l'expérimentateur demande à l'enfant d'utiliser la stratégie vue la veille en triant les éléments, mais il n'en fait plus la démonstration. Si, lors du premier essai, l'enfant ne se souvient pas de la stratégie, l'expérimentateur lui montre en regroupant seulement trois éléments d'une catégorie, puis lui demande de compléter cette catégorie et de regrouper les dessins restants dans les trois autres catégories.

Pour les deux dernières phases -Post-test (phase 4) et Transfert (phase 5) - deux nouveaux essais pour chacune sont effectués mais aucune référence à la stratégie n'est mentionnée. Le groupe contrôle réalise ces phases, mais sans entraînement à la stratégie comme dans l'expérimentation 1.

La session de mémorisation totale, les cinq phases cumulées, dure environ 25 minutes. L'ordre de présentation des deux listes a été contrebalancé : 40 enfants (21 du groupe expérimental) ont reçu la liste E en tant que première liste de tests et 32 enfants (15 du groupe expérimental) ont reçu la liste F en tant que première liste de tests.

3.3.2. Flexibilité (Phases 6 et 7)

Les enfants ont passé les deux tests de flexibilité à la fin, un autre jour, en deux sessions (phases 6 matin et 7 après-midi). Au total, on peut estimer la durée totale pour les deux épreuves à environ quinze minutes. Nous avons contrebalancé l'ordre de présentation, de sorte que la moitié des participants a commencé avec le CTC et l'autre moitié avec le DCCS.

3.4. Résultats

3.4.1. Plan expérimental et variables dépendantes

L'étude se décompose en sept phases (Tableau 21). Un plan expérimental 2 (Groupe : entraîné ou contrôle) * 3 (Phase : Prétest, Post-test, Transfert) est utilisé. Plusieurs mesures ont été utilisées comme variables dépendantes que nous allons maintenant présenter. Pour chacune des phases de mémorisation, trois scores sont relevés : le score de rappel et deux scores stratégiques. Le score de rappel est constitué du nombre de mots correctement rappelés par l'enfant. Ce score varie de 0 à 20 pour chacun des deux essais. La moyenne aux deux essais est calculée et constitue la variable dépendante utilisée dans les analyses.

Les scores stratégiques sont mesurés à l'aide du score ARC (*'Adjusted Ratio of Clustering, ARC'*, voir Roenker et al., 1971). Le score ARC³ varie de 0 (absence de tri / groupement) à 1 (tri / groupement parfait). Dans les analyses suivantes, nous avons évalué le score stratégique de tri comme suit. Tout mouvement des cartes produisait un score ARC basé sur le fait que les cartes aient été placées ensemble ou non. Une carte placée à côté d'une carte de la même catégorie (distance inférieure à 2 cm) était considérée comme une vraie répétition (la valeur 'R' dans la formule ARC). Deux juges évaluant indépendamment un échantillon des scores ont obtenu un taux de concordance de 92%. Les discordances ont été résolues par discussion. Les scores ARC résultants étaient compris entre 0 et 1 (les rares valeurs négatives ont été traitées comme 0, voir Roenker et al., 1971). Si un enfant ne touche aucune des cartes, nous l'excluons lors du calcul du score ARC moyen, ce qui entraîne certaines valeurs manquantes. Dans l'évaluation du score stratégique de groupement catégoriel, les scores ARC ont pris en compte l'ordre dans lequel les éléments ont été rappelés : les scores ARC augmentent si les éléments de la même catégorie

³ Calcul du score ARC : $0 < \text{ARC} = \frac{R - E(R)}{\text{max } R - E(R)} < 1$

Pour le clustering

R = nombre groupements effectifs (catégorie) ; Σ groupements ; répétitions réelles

Max R = nombre de répétitions maxi par rapport au rappel réel/nb items rappelés

$E(R) = (\Sigma n_i^2 / N) - 1$ N_i = nb items par catégorie i rappelés N = nb total

Pour le sorting

Le score ARC pour le sorting se calcule sur le même principe que le clustering mais cette fois-ci :

N est toujours égale à 20 (puisque les 20 items sont toujours présents sur la table),

Max R est toujours égal à 16 (puisque 4 catégories de 5)

$E(R)$ est toujours égal à 4 (((25+25+25+25) / 20) -1), toujours pour la même raison : les 20 items sont toujours présents sur la table.

Ce qui change, c'est donc le "R" : il faut compter, par catégorie, le nombre d'items placés les uns à côté des autres sur la table, et enlever 1 : si 3 placés ensemble, on compte donc 2 répétitions catégorielles.

sont rappelés les uns après les autres et ils diminuent si les éléments sont rappelés indépendamment de leur catégorie. Le score ARC est calculé pour chacun des deux essais et pour chacune des deux stratégies (tri et groupement catégoriel). La moyenne aux deux essais est calculée et constitue la variable dépendante utilisée dans les analyses, et ce pour les deux stratégies.

Pour rendre compte des capacités de flexibilité des participants, nous avons deux scores, un pour chaque épreuve : le score au DCCS retenu correspond au score obtenu à la phase 3 cadre (de 0 à 12) et le score au CTC retenu correspond à la différence de temps (en secondes) entre les deux planches test (P2- P1).

Chaque enfant a donc fourni 10 scores de rappel, 20 scores stratégiques et deux scores de flexibilité, soit 32 scores différents, pour un total de 2304 scores individuels exploitables qui ont été utilisés pour les analyses statistiques. Ces analyses ont été réalisées avec Statistica 13.3 ©. Le Tableau 25 synthétise les résultats moyens obtenus pour toutes ces variables dépendantes.

Tableau 25.

Statistiques Descriptives des variables de l'expérimentation 2- étude 3 TREFLE.

Groupe		ENTRAÎNÉ			CONTRÔLE	
Mémorisation	<i>Sorting (/1)</i>	<i>Clustering (/1)</i>	<i>Rappel (/20)</i>	<i>Sorting (/1)</i>	<i>Clustering (/1)</i>	<i>Rappel (/20)</i>
Prétest	.04 (.02)	.36 (.04)	8.74 (.40)	.00 (.02)	.33 (.04)	8.72 (.40)
Post-test	.07 (.05)	.64 (.05)	13.24 (.52)	.00 (.05)	.42 (.05)	11.07 (.52)
Transfert	.60 (.33)	.66 (.33)	8.75 (4.20)	.05 (.20)	.46 (.29)	8.15 (2,63)
Flexibilité						
DCCS (/12)	8.64 (1.86)					
CTC (sec)	73.06 (53.09)					

Notes : Moyennes (Ecart-type SD)

Ces moyennes incluent des données manquantes pour au moins un des deux essais concernant les scores moyens pour le score stratégique de tri (Sorting) au post-test chez 21 participants (8 pour le groupe contrôle et 13 pour le groupe entraîné) et pour le score stratégique de groupement (Clustering) au transfert chez 19 participants (9 pour le groupe contrôle et 10 pour le groupe entraîné).

Les scores de flexibilité correspondent à la moyenne obtenue pour l'échantillon total, sans distinction des groupes.

DCCS = Dimensional Change Card Sort, CTC = Color Trails for Children.

3.4.2. Analyses préliminaires

Nous voulions exclure la possibilité que le genre ou la difficulté des listes de mots aient un effet. Une MANOVA 2 (genre) * 2 (liste E vs liste F) * 2 (Phase : Prétest vs Post-test) avec des mesures répétées sur les deux derniers facteurs a été réalisée sur les scores moyens de tri, de groupement catégoriel et de rappel. En raison de données manquantes sur le score de tri au Post-test chez 21 participants (entraînés : 8 filles, 5 garçons, âge moyen 7 ans ; non entraînés : 5 filles, 3 garçons, âge moyen 6 ans 11 mois), l'analyse n'a inclus que 51 participants. Il est ressorti de cette analyse que l'effet de la Phase est statistiquement significatif, ($W = 0,41$, $F(3,45) = 21,80$, $p < .001$; $\eta^2 = 0,60$), mais l'effet du genre et l'effet de la liste ne le sont pas.

Une MANOVA 2 (genre) * 2 (liste E vs liste F) a été réalisée sur les scores moyens de tri, de groupement catégoriel et de rappel au Transfert, avec des données de 48 enfants (données manquantes : 24 participants : 8 filles et 5 garçons entraînés, âge moyen 7 ans ; 6 filles et 5 garçons non entraînés, âge moyen 6 ans 11 mois). L'effet du genre n'est pas significatif. En revanche, la liste atteint le seuil de significativité ($W = 0,83$, $F(3,42) = 2,91$, $p < .05$, $\eta^2 = 0,17$), les scores de la liste E étant supérieurs à ceux de la liste F. Cela est vrai pour le rappel ($M = 7,00$, $SE = 0,67$, IC 95% [5,64, 8,36] et $M = 9,46$, $SE = 0,68$, IC 95% [8,10, 10,83] respectivement), le tri ($M = 0,28$, $SE = 0,08$, IC à 95% [0,12, 0,43] et $M = 0,37$, $SE = 0,08$, IC 95% [0,22, 0,53] respectivement) et le groupement ($M = 0,53$, $SE = 0,06$, IC 95% [0,40, 0,65] et $M = 0,62$, $SE = 0,06$, IC 95% [0,50, 0,75] respectivement). Ainsi, contrairement à nos attentes, les niveaux de difficulté des deux listes à rappeler peuvent avoir différé. La liste a donc été un facteur dans les analyses suivantes concernant le Transfert. Les résultats de ces deux analyses préliminaires sont synthétisés en Annexe D.10.

3.4.3. Influence de la Flexibilité sur le transfert de stratégies

De la même manière que pour l'expérimentation 1, afin d'examiner plus en détail le lien entre la flexibilité et le transfert, nous avons considéré la flexibilité en tant que prédicteur du rappel dans trois analyses de régression multiple pas à pas par étapes, au Prétest, au Post-test et au Transfert, avec l'âge et les scores au CTC comme prédicteurs. Le score au CTC prédit le rappel, mais pas l'âge, lors du Prétest et, plus important encore, lors du Transfert. Au Post-test, l'âge prédit le rappel, mais pas le score au CTC. Trois analyses similaires ont révélé le même pattern de résultats avec les scores au DCCS (Tableau 26).

Tableau 26.

Effet de la flexibilité sur les scores de Rappel (régression pas à pas) pour l'expérimentation 2-étude 3 TREFLE

	β	R^2 Ajusté	F	p Exact
Expérimentation 2				
Prétest				
Flexibilité * Age				
DCCS	.27	.06	5.44	.023*
CTC	-.30	.08	6.70	.012**
Age		-		
Posttest				
DCCS		-		
CTC		-		
Age**	.23	.04	3.99	.049*
Transfert				
DCCS	.24	.04	4.27	.042*
CTC	-.45	.19	17.30	.000***
Age		-		

Notes concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

Pour chaque phase, les scores au CTC et ceux au DCCS ont été utilisés dans deux analyses de régression différentes, mais pour plus de commodité, nous les présentons ensemble ici. De plus, lorsque l'âge avait un effet, nous n'avons rapporté cet effet qu'une seule fois, car les valeurs spécifiques tenant compte de l'âge sont les mêmes (*) ou très proches (**) pour les scores CTC * régression Âge et les scores DCCS * régression Âge.

Ainsi, comme attendu, la flexibilité cognitive, qu'elle soit mesurée avec le CTC ou avec le DCCS, prédit le rappel pendant le Transfert. Enfin, fait intéressant, les scores au CTC et au DCCS ne sont pas corrélés de manière significative ($r = -0,19$, $p = .11$), suggérant à nouveau qu'ils mobilisent des processus différents. Les scores au CTC ($R^2 = 0,19$) expliquent plus de variance que les scores au DCCS ($R^2 = 0,04$), ce qui suggère à nouveau que le switching perceptif (CTC) est plus impliqué dans l'efficacité de la stratégie transférée que ne l'est le switching plus conceptuel (DCCS).

3.4.4. Effet de l'entraînement : Stratégie de tri (sorting)

Concernant l'entraînement, en raison des données manquantes combinées entre le Post-test et le Transfert, le score stratégique de tri a été analysé sur la base des résultats de 45 enfants (Tableau 27). En raison de la non-équivalence des niveaux de difficulté des deux listes de mots, nous n'avons pas pu inclure le Transfert dans la même analyse avec Pré et Post-test, car la liste a changé entre le Post-test et le Transfert. Nous avons commencé par regarder les résultats lors des premières phases (utilisant la tâche principale) et comme dans la première expérimentation, deux *rmAncovas* ont été calculées, en utilisant les scores au CTC ou au DCCS, ainsi que l'âge, comme covariables. Le CTC ayant donné de meilleurs résultats dans l'expérimentation 1 et puisque nous supposons qu'étant données ses caractéristiques, il sera un meilleur prédicteur que le DCCS, nous avons commencé par cette épreuve.

Tableau 27.

*Moyenne des scores de tri (sorting), de groupement (clustering) et de rappel (SD) au post-test et au transfert dans chaque Groupe * Listes, expérimentation 2 – étude 3 TREFLE*

	Post-test			Transfert			<i>t</i>	<i>p</i>	<i>D</i>
	Sorting	Clust	Rappel	Sorting	Clust	Rappel			
Entraîné (n=21)	Liste E .68 (.38) ^a	.61 (.29)	13.76 (3.47)	Liste F .50 (.29) ^a	.50 (.33)	7 (2.79)	2.15	.052	.35
							11.07	.22	
Entraîné (n=15)	Liste F .78 (.38) ^b	.72 (.26)	12.73 (4.15)	Liste E .80 (.24) ^b	.87 (.17)	11.2 (4.68)	7*	.89	.74
							1.61	.12	
Contrôle (n=19)	Liste E .00 (.01) ^c	.49 (.29)	11.55 (2.47)	Liste F .02 (.05) ^c	.48 (.29)	8 (2.77)	.71	.49	.01
							5.91	.97	
Contrôle (n=17)	Liste F .00 (0) ^d	.34 (.20)	10.32 (2.05)	Liste E .07 (.26) ^d	.43 (.29)	8.3 (2.52)	1.04	.32	.41
							3.07	.20	
							3.07	.001***	.90

*Notes : Clust = Clustering. Concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$. Les *p* exacts et les *D* de Cohen sont indiqués. La taille des échantillons pour le tri : a = 13, b = 7, c = 11, d = 14. * Le test de Wilcoxon *T* a été utilisé à la place du *t* de Student, en raison du petit nombre de participants.*

Afin de tester un effet de l'entraînement à la stratégie dans la tâche principale, une première *rmAncova* 2 (Groupe : entraîné vs contrôle) * 2 (Phase : Pré- vs Post-test) avec des mesures répétées sur ce dernier facteur a été effectuée sur les scores stratégiques moyens de tri, avec l'âge et le score au CTC comme covariables. Après contrôle de l'âge et des performances

au CTC, l'analyse n'a montré aucun effet principal de la Phase. Cependant, l'effet principal du Groupe est significatif ($F(1,47) = 84,38, p < .001, \eta^2 = 0,64$), tout comme l'interaction Phase * Groupe ($F(1,47) = 72,27, p < .001, \eta^2_p = 0,61$). Les tests de Bonferroni ont déterminé les différences significatives. Les deux groupes ne diffèrent pas significativement au Prétest. Le groupe entraîné s'est amélioré de manière significative ($p < .001$) du Prétest ($M = 0,04, SE = 0,02$) au Post-test ($M = 0,70, SE = 0,05$). En revanche, le groupe contrôle n'a pas évolué de manière significative du Prétest ($M = 0,00, SE = 0,02$) au Post-test ($M = 0,00, SE = 0,05$) ; en fait, les enfants non entraînés (groupe contrôle) ont rarement produit la stratégie de tri et ce, quelle soit la phase (Figure 15a).

Une seconde rmAncova similaire utilisant l'âge et le DCCS comme covariables a donné le même pattern de résultats, sans effet de l'âge ni du score au DCCS, mais des effets significatifs de Groupe ($F(1,47) = 82,17, p < .001, \eta^2 = 0,64$), et d'interaction Phase * Groupe ($F(1,47) = 70,07, p < .001, \eta^2_p = 0,6$). Ainsi, notre entraînement a permis de favoriser le recours à cette première stratégie d'organisation : le tri à l'encodage.

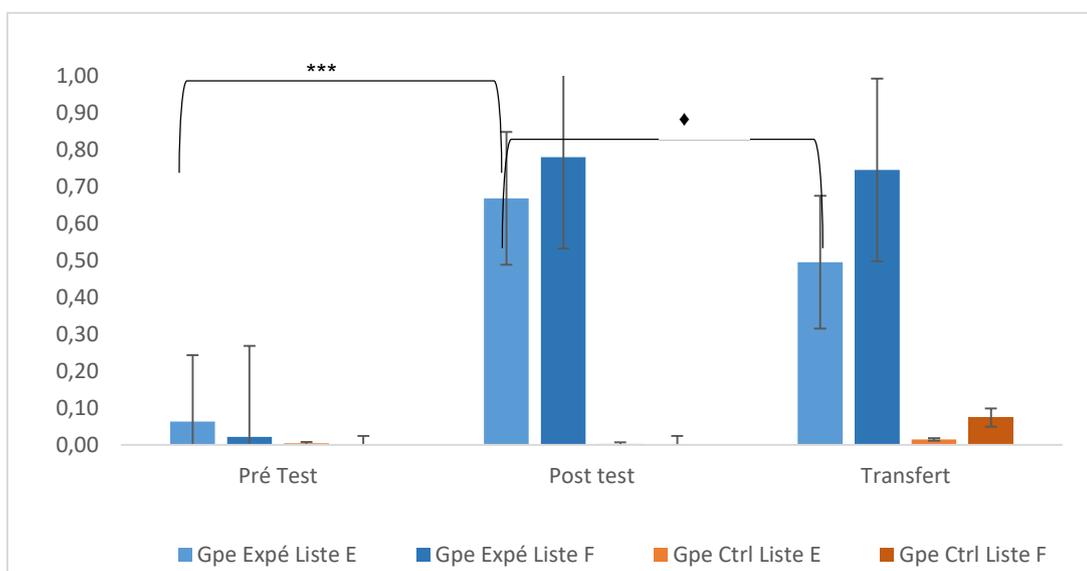


Figure 15a. Scores stratégiques moyens de tri (Sorting) au Prétest, au Post-test et au Transfert pour les enfants entraînés (Expé) et non entraînés (Ctrl) et selon la liste utilisée de l'expérimentation 2-TREFLE. Notes : concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$; * tendance significative $.06 < p < .10$. Les barres verticales indiquent les écarts-types.

Ensuite, nous nous sommes intéressés aux effets lors de la dernière phase, afin de déterminer si les enfants ont bien transféré leurs stratégies. Nous avons réalisé des tests de Wilcoxon ou des t de Student afin de comparer le score stratégique de tri du Post-test au Transfert, pour chaque groupe et chaque liste (Figure 15a). Le Tableau 27 indique que, dans le groupe contrôle, la stratégie de tri était stable du Post-test au Transfert (pas de différences significatives), que les participants aient reçu la liste E d'abord puis la liste F ($M = 0,00 ; SE = 0,01$ et $M = 0,02 ; SE = 0,05$, respectivement) ou dans l'ordre inverse soit d'abord la liste F puis la E ($M = 0,00 ; SE = 0,00$ et $M = 0,07 ; SE = 0,26$, respectivement). Dans le groupe entraîné le

même pattern a été observé avec l'ordre de la liste F puis E ($M = 0,78$; $SE = 0,38$ et $M = 0,80$; $SE = 0,24$, respectivement) ; une diminution presque significative ($p = .052$) de la stratégie de tri avec l'ordre de liste E puis F a néanmoins été observée ($M = 0,68$; $SE = 0,38$ et $M = 0,50$; $SE = 0,29$, respectivement). Ainsi, seul le groupe entraîné a produit la stratégie de tri, qui s'est quelque peu maintenue avec le transfert.

3.4.5. Effet de l'entraînement : Stratégie de groupement catégoriel (clustering)

Nous avons conduit les mêmes analyses que pour la stratégie de tri sur les performances stratégiques de groupement catégoriel. Tout d'abord, une $rmAncova 2$ (Groupe : entraîné vs contrôle) * 2 (Phase : Pré vs Post-test) avec des mesures répétées sur ce dernier facteur a examiné les scores de groupement, avec l'âge et le score au CTC comme covariables. Après contrôle des effets de l'âge et du CTC, l'analyse n'a révélé aucun effet principal de la Phase du test. Cependant, l'effet principal du Groupe est significatif ($F(1,68) = 7,99$, $p < .001$, $\eta^2 = 0,11$), tout comme l'interaction Groupe * Phase ($F(1,68) = 4,32$, $p < .05$, $\eta^2 = 0,06$). Les tests de Bonferroni n'ont montré aucune différence significative entre les groupes lors du Prétest ($p = 1$). Le groupe entraîné s'est amélioré significativement ($p < .001$) entre le Pré ($M = 0,36$; $SE = 0,04$; IC 95% [0,27, 0,44]) et le Post-test ($M = 0,64$; $SE = 0,05$; IC 95% [0,55, 0,74]), montrant les effets de l'entraînement stratégique ; cela n'a pas été retrouvé pour le groupe contrôle, non entraîné ($p = 1$; Prétest : $M = 0,33$; $SE = 0,04$; IC 95% [0,24, 0,41] et Post-test : $M = 0,42$; $SE = 0,05$; IC 95% [0,33, 0,51]). Ces performances sont représentées dans la Figure 15b.

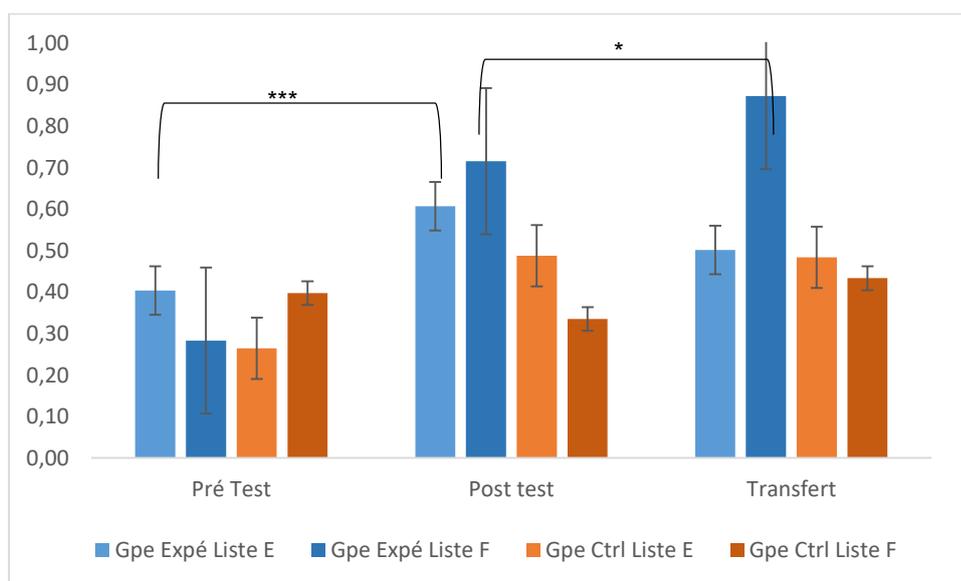


Figure 15b. Scores stratégiques moyens de groupement catégoriel (Clustering) au Prétest, au Post-test et au Transfert pour les enfants entraînés (Expé) et non entraînés (Ctrl) et selon la liste utilisée de l'expérimentation 2-TREFLE.

Notes : concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$. Les barres verticales indiquent les écarts-types.

Une seconde rmAncova similaire utilisant l'âge et le score au DCCS comme covariables a donné le même pattern de résultats, sans effet de l'âge et du DCCS, mais des effets significatifs du Groupe ($F(1,68) = 8,06, p < .001, \eta^2 = 0,11$) et de l'interaction Groupe * Phase ($F(1,68) = 5,43, p < .05, \eta^2 = 0,07$).

Pour examiner le transfert de cette stratégie, les scores de groupement au Post-test et au Transfert ont été comparés par des tests t , dans chaque groupe et pour chaque liste. Le groupement est resté au même niveau (aucune différence significative) entre le Post-test et le Transfert dans le groupe contrôle et ce, quelle que soit la liste utilisée en tâche principale. On obtient pour l'ordre liste E puis F ($M = 0,49 ; SE = 0,29$ et $M = 0,48 ; SE = 0,29$, respectivement) et pour l'ordre de la liste F puis E ($M = 0,34 ; SE = 0,20$ et $M = 0,43 ; SE = 0,29$, respectivement). Pour le groupe entraîné, pour ceux recevant l'ordre de liste E puis F, le même schéma a été observé entre le Post-test ($M = 0,61 ; SE = 0,29$) et le Transfert ($M = 0,50 ; SE = 0,33$). Pour ceux recevant l'ordre de liste F puis E, la stratégie de groupement a augmenté ($p < .05$) du Post-test ($M = 0,72 ; SE = 0,26$) au Transfert ($M = 0,87 ; SE = 0,17$), (Tableau 27). Ainsi, l'entraînement a réussi à favoriser l'utilisation de la stratégie de groupement catégoriel au rappel qui a été maintenue avec le transfert.

3.4.6. Effet de l'entraînement sur le score de rappel

Lors de la recherche de t-UD, la seconde étape consiste à comparer le score de rappel du Post-test au Transfert, afin de savoir si le rappel a diminué. Une série de tests t a montré que, comme prévu, dans le groupe contrôle, non entraîné, le rappel a diminué de manière significative, quel que soit l'ordre des listes (Tableau 27) : avec E puis F ($M = 11,55 ; SE = 2,47$ et $M = 8 ; SE = 2,77$, respectivement) et, avec F puis E ($M = 10,32 ; SE = 2,05$ et $M = 8,3 ; SE = 2,52$, respectivement). Dans le groupe entraîné, la stabilité du rappel, que nous avons prévu d'observer, a été observée uniquement avec l'ordre de liste F puis E, indiquant l'absence de t-UD ($M = 12,73 ; SE = 4,15$ et $M = 11,2 ; SE = 4,68$, respectivement) ; le rappel du groupe avec l'ordre de liste E puis F a diminué de manière significative, indiquant cette fois la présence d'une t-UD ($M = 13,76 ; SE = 3,47$ et $M = 7 ; SE = 2,79$, respectivement, $p < .001$). La Figure 15c reprend ces diverses performances.

En revanche, le rappel du Prétest au Post-test a montré une amélioration typique du rappel, comme attendu par rapport aux études sur la mémoire avant le transfert. Une rmAncova 2 (Groupe : entraîné vs contrôle) * 2 (Phase : Pré vs Post-test) avec mesures répétées sur le dernier facteur a été effectuée sur les scores moyens de rappel, avec l'âge et le score au CTC comme covariables. Après avoir contrôlé les effets de l'âge et du CTC, qui n'étaient pas significatifs ($p > .10$), l'effet du groupe n'a pas atteint le seuil de significativité ($F(1,68) = 3,91, p = .052, \eta^2 = 0,05$). L'interaction Groupe * Phase du test est significative ($F(1,68) = 9,09, p < .001, \eta^2 = 0,12$). Les groupes ne diffèrent pas significativement au Prétest (tests de Bonferroni, $p = 1$). Les

performances du groupe entraîné ont augmenté de manière significative ($p < .001$) du Pré ($M = 8,74$; $SE = 0,40$; IC 95% [7,94, 9,53]) au Post-test ($M = 13,24$; $SE = 0,52$; IC 95% [12,20, 14,27]). Le groupe contrôle s'est également amélioré de manière significative ($p < .001$) du Pré ($M = 8,72$; $SE = 0,40$; IC 95% [7,92, 9,52]) au Post-test ($M = 11,07$; $SE = 0,52$; IC 95% [10,03, 12,10]).

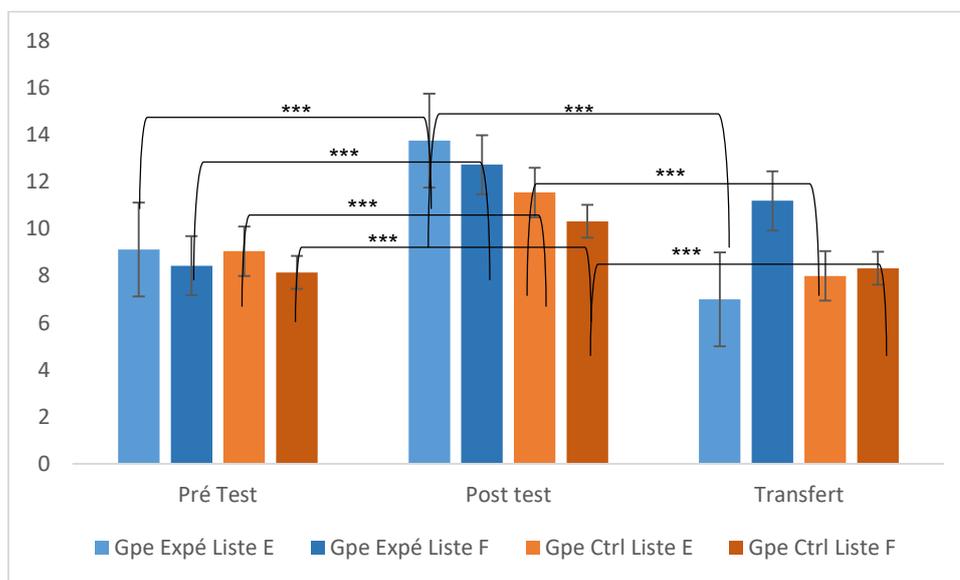


Figure 15c. Scores de rappel moyen au Prétest, au Post-test et au Transfert pour les enfants entraînés (Expé) et non entraînés (Ctrl) et selon la liste utilisée de l'expérimentation 2-TREFLE.

Notes : concernant les seuils de significativité : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$. Les barres verticales indiquent les écarts-types.

Une seconde rmAncova similaire utilisant l'âge et le score au DCCS comme covariables a donné un pattern légèrement différent, avec un effet significatif du DCCS ($F(1,68) = 4,41$, $p < .05$, $\eta^2 = 0,06$), mais aucun effet de l'âge, et des effets significatifs du Groupe ($F(1,68) = 5,43$, $p < .05$, $\eta^2_p = 0,07$), et de l'interaction Groupe * Phase ($F(1,68) = 8,16$, $p < .001$, $\eta^2 = 0,11$).

En somme, comme prévu, le groupe contrôle, non entraîné, a montré des t-UD, le rappel diminuant avec le transfert, même si la stratégie de tri et celle de groupement sont restées stables. Le groupe entraîné a maintenu son niveau de rappel avec une liste de mots (c'est-à-dire pas de t-UD, ordre F puis E) mais pas avec l'autre liste (donc une t-UD, ordre E puis F).

3.5. Discussion

Cette deuxième expérimentation permet de confirmer l'implication de la flexibilité cognitive dans le transfert de stratégies d'organisation (tri et groupement catégoriel) chez des enfants de 7 ans, celle-ci modulant l'apparition de t-UD. En effet, conformément à notre hypothèse, seuls les enfants avec les capacités de flexibilité les plus faibles manifestent une t-UD, ceci pouvant s'expliquer par la surcharge cognitive due à l'intensification de l'effort mental nécessaire au

traitement cognitif alterné des deux tâches. En revanche, les enfants avec des capacités de flexibilité élevées ne montrent pas de t-UD, l'effort fourni dans le traitement cognitif alterné des deux tâches étant d'un niveau modéré : aucune surcharge cognitive n'apparaît du fait de ce traitement cognitif en alternance, la stratégie transférée conservant alors le même niveau d'efficacité dans la tâche de transfert que dans la tâche principale. De plus, nous avons également pu montrer que les deux scores de flexibilité cognitive (CTC et DCCS) prédisent de manière significative les scores de rappel sur la tâche de transfert. Comme attendu, les scores au CTC expliquent davantage la variance (19%) que les scores au DCCS (moins de 5%). Ces résultats corroborent les résultats de l'expérimentation 1 et suggèrent une fois de plus que la flexibilité cognitive peut faciliter le switching attentionnel entre les deux tâches (principale et de transfert).

Cette expérimentation contribue également à étendre les preuves de l'existence des t-UD aux stratégies de tri (*sorting*) et de groupement catégoriel (*clustering*) lorsque les enfants ne bénéficient pas d'un entraînement stratégique explicite et ce, chez des enfants plus âgés que dans l'expérimentation précédente. Plus précisément, chez les enfants non entraînés, le recours aux stratégies de tri et de groupement est resté stable du Post-test au Transfert, mais le rappel a significativement diminué. La protection prévue contre une t-UD chez les enfants entraînés (*c.-à-d.* aucune baisse du rappel avec le transfert) a été retrouvée, mais avec l'une des listes de mots uniquement, malgré nos efforts pour contrôler la complexité visuelle des listes. Pour rappel, la liste F contient des outils, des légumes et végétaux comme une fougère, des items avec lesquels les enfants sont peut-être moins familiers. De plus, on trouve aussi dans cette liste des objets tels qu'un téléphone, une horloge ou un téléviseur. À l'heure des smartphones et des nouvelles technologies, la représentation plus ancienne de ces objets a peut-être davantage perturbé et distrait les enfants. Cela est d'autant plus vrai lorsqu'ils devaient penser en plus à la stratégie, et après avoir été confronté les quatre fois précédentes à des images plus habituelles ou familières. L'autorégulation nécessite des efforts pour faire face aux distractions et rester concentré sur la tâche et son but (Cosnefroy, 2011). Ce résultat inattendu pourrait aussi être dû au fait que le score stratégique de tri a diminué tendanciellement du Post-test au Transfert, une baisse du rappel n'étant alors pas surprenante.

Comme dans l'expérimentation 1, l'entraînement a induit avec succès le recours aux stratégies dans le groupe expérimental, mais contrairement à l'expérimentation 1 dans laquelle des enfants non entraînés ont développé d'eux-mêmes une compétence stratégique au fil des essais, ici, leurs performances stratégiques de tri et de groupement n'ont pas augmenté du Prétest au Post-test. Sans avoir la permission explicite de déplacer les cartes, le groupe contrôle n'a peut-être pas pensé à déplacer les cartes ou a estimé qu'il ne le devait pas. Ceci témoigne de l'importance des consignes et du rôle que peut avoir l'adulte dans le développement de l'autorégulation (Grau & Whitebread, 2012). En effet, comme le stipule le modèle de Bronson

(2000), pour s'autoréguler, le jeune enfant doit apprendre à faire des choix, à prendre des décisions de façon de plus en plus autonome ; ces capacités sont, entre autres, soutenues par les attitudes de l'adulte et l'aménagement de l'environnement qui doivent permettre à l'enfant d'explorer diverses alternatives (Nader-Grobois, 2007). Par ailleurs, quand la situation ou le contexte lui en offrent l'opportunité, le jeune enfant peut tout autant initier spontanément et seul des stratégies et s'engager dans l'autorégulation en classe (Perry et al., 2002). Robson (2016) a montré l'importance du contexte, et plus particulièrement le rôle de l'adulte, dans l'apparition de ces compétences chez des enfants âgés de 4 à 5 ans. La présence de l'adulte peut, de ce point de vue, être néfaste car elle pousse les jeunes enfants à céder une part de responsabilité, en se désengageant de cette activité coûteuse.

4. Discussion générale

Nos deux expérimentations ont permis de révéler l'influence exercée par la flexibilité cognitive sur le recours à des stratégies. En effet, de faibles capacités de flexibilité prédisent l'apparition d'une t-UD, bien que cela dépende aussi de la correspondance entre le type d'épreuve de flexibilité employé et le type d'activités cognitives requises par la tâche. Ces résultats constituent une nouvelle validation empirique de l'hypothèse théorique d'une implication des fonctions exécutives dans la survenue des t-UD (Clerc et al., 2014). La prise en compte de la variabilité interindividuelle dans les capacités de flexibilité des enfants joue un rôle central dans cette démonstration et laisse envisager des implications importantes pour la théorisation du développement du transfert et des stratégies.

Ces deux expérimentations révèlent aussi, pour la première fois, l'existence de t-UD sur une large tranche d'âge (5 à 7 ans), pour deux types de tâches de mémorisation et pour trois types de stratégies mnésiques (*autorépétition, sorting, clustering*). Ceci est important car l'existence des t-UD n'a été évoquée que récemment (Clerc & Miller, 2013 ; Clerc et al., 2014) et leur fréquence dans les tâches de mémorisation n'est pas encore bien connue. Ce phénomène montre que les enfants peuvent transférer leurs stratégies vers de nouvelles tâches comportant des différences superficielles, mais cela a un coût cognitif qui semble causer une chute du rappel : la stratégie censée faciliter la mémorisation ne joue alors plus son rôle.

4.1. Implications pour la compréhension des FE

Nos deux expérimentations ont montré qu'une composante des FE, la flexibilité cognitive, joue un rôle dans le transfert des stratégies cognitives par les jeunes enfants. La flexibilité cognitive prédit les scores de rappel au transfert dans les deux expérimentations, ce qui est cohérent avec des recherches antérieures (Brown et al., 1986 ; Pauen & Bechtel-Kuehne, 2016). Récemment, Stad et al. (2017) ont montré que la flexibilité cognitive joue un rôle dans le transfert d'une stratégie de complétion de séries nouvellement acquises, mais, à notre connaissance,

notre étude fournit la première preuve de l'implication de la flexibilité cognitive dans le transfert des stratégies mnésiques. En effet, la flexibilité cognitive est importante lors d'un transfert, pour pouvoir déplacer l'attention entre la tâche principale et la tâche de transfert. Elle permet aussi de décider si la stratégie est pertinente et de la modifier au besoin en fonction des spécificités de la tâche de transfert. Les enfants qui peuvent le faire efficacement, en utilisant peu de ressources cognitives, libèrent ainsi des ressources pour les processus de mémorisation proprement dit (encodage des items de la tâche de transfert) qui facilitent le rappel. Des niveaux élevés de flexibilité cognitive permettant de comparer les similitudes et les différences entre la tâche principale et la tâche de transfert peuvent ainsi réduire les ressources cognitives nécessaires au transfert de la stratégie, ce qui libère des ressources pour l'encodage des éléments à mémoriser. En outre, différents processus impliqués dans la flexibilité cognitive peuvent être liés à différents types de transfert.

Nos résultats suggèrent qu'un type de switching attentionnel (Konstantopoulos et al., 2014), comme celui évalué dans le CTC, peut être important lors du transfert d'une stratégie relativement simple comme l'autorépétition. L'autorépétition apparaît très tôt dans l'enfance : il suffit de répéter, dans sa tête, une série de mots. Cela peut même être partiellement basé sur les sons des mots plutôt que sur leurs significations, comme l'atteste l'effet de similarité phonologique (Henry et al., 2012). À l'inverse, un type de flexibilité plus représentationnelle (Eichenbaum, 1997), qui peut opérer dans le DCCS, peut être important lors du transfert de stratégies de tri et de groupement catégoriel basées sur l'utilisation de catégories conceptuelles (par exemple, animaux, fruits, etc.). Le tri et le groupement catégoriel sont plus complexes que l'autorépétition, car leur utilisation n'est possible que lorsqu'un enfant maîtrise les catégories d'éléments à rappeler. Conformément à cela, les développementalistes ont montré que l'autorépétition apparaît plus tôt que le tri et le groupement catégoriel sur le plan ontogénétique (Bjorklund et al., 2009). Différents types de flexibilité cognitive peuvent ainsi être associés au transfert de différentes stratégies mnésiques, ce qui est cohérent avec le fait que les scores au CTC et au DCCS n'étaient pas corrélés, malgré leur utilisation commune pour évaluer le même concept général de « flexibilité cognitive » chez les enfants.

Étant donné que certaines études rapportent un succès dans l'entraînement des FE chez les jeunes enfants, y compris la flexibilité (Scionti et al., 2020), une application pratique serait d'ajouter un tel entraînement au programme scolaire afin d'augmenter l'impact du transfert de stratégie sur le rappel des enfants dans de nouvelles tâches. La démonstration de cet impact dans les recherches futures, ou en d'autres termes, la démonstration de l'efficacité accrue des stratégies transférées, pourrait venir appuyer l'hypothèse selon laquelle les FE jouent un rôle dans le transfert de l'efficacité d'une stratégie. Cependant, comme nous avons utilisé une méthode corrélationnelle pour tester le rôle de la flexibilité dans l'émergence des t-UD, de futures

études devraient tester plus directement l'implication de la flexibilité cognitive en faisant varier le degré de flexibilité requis pour transférer la stratégie, ou en entraînant la flexibilité cognitive.

4.2. Implications pour la compréhension du développement des stratégies et de l'autorégulation

Nos résultats apportent une preuve intéressante du rôle que peut avoir un entraînement explicite sur l'utilisation d'une stratégie, en aidant à son automatisation et donc à la réduction du coût cognitif engendré par son utilisation. L'entraînement stratégique semble nécessaire pour un transfert complètement réussi, de sorte que le niveau de rappel sur la tâche principale soit maintenu dans la tâche de transfert. Une stratégie produite avec moins d'effort peut ainsi nécessiter moins de ressources cognitives, et permettre aux enfants de se concentrer sur l'encodage. Le rôle de l'entraînement dans l'acquisition de stratégies mnésiques a déjà été souligné par plusieurs chercheurs (Schneider & Ornstein, 2019). Coffman et al. (2008) ont montré que plus les enseignants parlent de la mémoire et encouragent les enfants à utiliser plusieurs processus pour mémoriser, plus le niveau stratégique de leurs élèves est élevé dès la première année. Ainsi, une application pratique de nos résultats est que lorsque les enfants apprennent une nouvelle stratégie de mémorisation à l'école, ils peuvent avoir besoin de la « surapprendre », c'est-à-dire de la pratiquer bien au-delà du moment où ils semblent l'avoir acquise. Sinon, le rappel peut ne pas bénéficier de la stratégie. Ceci rejoint les recommandations des chercheurs sur l'autorégulation qui rappellent que posséder un répertoire de stratégies et y être entraîné n'est pas suffisant pour s'autoréguler. Les apprenants doivent apprendre à opérer un choix personnel en fonction du contexte et des conditions, et cela passe par un apprentissage de ces stratégies mais aussi par une expérimentation et/ou une pratique répétée de ces stratégies dans diverses situations afin d'en apprécier les conditions de validité (Winne, 1996 ; Winne & Perry, 2000).

4.3. Implications pour la compréhension du transfert

Nos résultats peuvent éclairer les processus sous-tendant le transfert d'apprentissage et ainsi contribuer à notre compréhension théorique du transfert. La littérature antérieure sur le transfert de stratégie mnésique s'est concentrée sur la manière de faciliter le transfert d'une stratégie par les enfants (Lange & Pierce, 1992 ; Schleepen & Jonkman, 2014). Cependant, le phénomène de t-UD montre que le transfert réussi d'une stratégie ne signifie pas toujours que le transfert est réussi dans son ensemble, car la stratégie transférée avec succès peut ne pas produire les niveaux de rappel attendus sur la tâche de transfert. Autrement dit, un transfert incomplet peut se produire. Cette découverte est particulièrement importante pour théoriser le transfert car de nombreux auteurs estiment que le transfert proche est facile (Chang et al., 2019 ; Robins, 1996 ; Schleepen & Jonkman, 2014), conduisant à l'idée que le transfert de stratégie serait le plus souvent un succès. Cette croyance peut être inexacte si elle est basée uniquement sur le score stratégique ou uniquement sur le score de rappel. L'efficacité de la stratégie n'est généralement

pas évaluée, et lorsqu'elle est évaluée et qu'un pattern de résultats ressemblant à une t-UD est observé, les auteurs ne font pas de lien direct avec les processus de transfert (Bjorklund et al., 1994 ; voir aussi Schwenck et al., 2009 et le « cluster des déficits de production »). Nos conclusions concernant la t-UD peuvent éclairer les processus sous-jacents au transfert d'apprentissage et contribuer ainsi à notre compréhension théorique du transfert. Les résultats des deux expérimentations montrent que même un transfert proche peut échouer partiellement : une stratégie de mémorisation peut être transférée avec succès, mais son bénéfice sur le rappel ne l'est pas. Ceci a été montré ici à l'aide de deux tâches de rappel différentes et de trois stratégies mnésiques différentes, chez les enfants de 4 à 7 ans, attestant de la robustesse du phénomène. À la lumière de ces résultats, les théories du transfert devraient être revisitées afin d'intégrer les t-UD. L'existence des t-UD suggère que les théories précédentes du transfert des apprentissages chez les enfants sont incomplètes car elles ne tiennent pas compte de l'efficacité de la stratégie dans la tâche de transfert.

Le phénomène de t-UD montre qu'un transfert de stratégie réussi ne signifie pas toujours que le transfert est complet, car la stratégie peut ne pas encore générer les niveaux de rappel attendus pour la tâche de transfert. Nos résultats suggèrent que le renforcement de la stratégie, en particulier par le biais d'un entraînement explicite, peut être nécessaire pour que le transfert soit complet, de sorte que le niveau de rappel de la tâche principale soit maintenu dans la tâche de transfert. Une stratégie plus automatisée peut nécessiter moins de ressources cognitives et permettre ainsi aux enfants de se concentrer sur l'encodage. Pour être efficaces, les remédiations doivent se focaliser sur le monitoring et l'explicitation des contenus (Romainville, 1993). L'entraînement et la pratique des stratégies offrent l'opportunité d'apprendre où et quand elles fonctionnent, quels sont leurs avantages, et comment la stratégie peut être adaptée à de nouvelles situations, ce qui laisse envisager que les enfants continuent à les utiliser et à les transférer (O'Sullivan & Pressley, 1984 ; Pressley et al., 1985 ; cités par Pressley & Harris, 2009).

Les modèles d'autorégulation des apprentissages forment un cadre cohérent d'intégration, à partir duquel mener des recherches pour comprendre comment des apprenants peuvent apprendre à être plus stratégiques et plus performants dans leurs apprentissages (Panadero, 2017 ; Winne, 2018). L'entraînement à des stratégies métacognitives d'auto-instruction et de guidage, et leur surapprentissage (pouvant mener à l'automatisation), serait ainsi une piste prometteuse pour soutenir le développement de l'autorégulation de l'apprentissage. Ce constat de l'importance de l'entraînement à l'utilisation de stratégies, alors même que les enfants commencent déjà à les produire, ouvre des perspectives intéressantes pour les pratiques éducatives. "Surapprendre" une stratégie peut être bénéfique. Bien que les enfants non entraînés de l'expérimentation 1 aient spontanément amélioré leur score d'autorépétition au fil des essais, cela n'a pas été suffisant pour éviter la t-UD pendant le transfert.

4.4. Limites de l'étude et perspectives

Bien que les deux expérimentations enrichissent notre compréhension de la complexité du transfert de stratégie, elles présentent plusieurs limites qui devraient être abordées dans les recherches futures. Dans les deux études, la phase de transfert ne comprenait que deux essais, ce qui limite notre compréhension de l'évolution temporelle des performances de transfert. Dans une étude récente sur le transfert d'utilisation d'outils chez les tout-petits, Pauen et Bechtel-Kuehne (2016) ont montré que des enfants de 22 à 24 mois étaient meilleurs au transfert lorsqu'ils démontraient un niveau plus élevé de flexibilité cognitive. Cela a été limité aux deux premiers essais de transfert. Conformément à cela, les résultats rapportés ici chez les enfants de 5 à 7 ans montrent que les enfants plus flexibles obtiennent de meilleurs scores de rappel dans deux essais de transfert. En reprenant l'explication de ces auteurs, on peut émettre l'hypothèse que le rôle de la flexibilité dans le transfert est plus susceptible de se produire au tout début de la tâche de transfert, lorsque l'effort requis pour adapter la stratégie est le plus élevé. Dans nos études, nous ne pouvons pas être sûrs que cela soit vrai, car nous n'avons inclus que deux essais de transfert. Des études futures devraient tester cette possibilité en incluant un nombre plus élevé d'essais de transfert.

De plus, le rôle de la flexibilité plaide en faveur de recherches futures et de développements théoriques concernant les processus cognitifs nécessaires pour adapter les connaissances à une tâche de transfert. Si la question de l'adaptabilité dans le transfert a été soulignée (Schwartz et al., 2012), aucun mécanisme précis n'a été proposé. Quels processus cognitifs permettent à un enfant de s'adapter à la nouveauté ? La flexibilité cognitive semble un bon candidat, mais les autres fonctions exécutives pourraient également avoir un rôle dans ces processus complexes. Les liens entre transfert et MDT (Artuso et al., 2019 ; De Simoni, & Von Bastian, 2018) ou transfert et inhibition (Zhao et al., 2018) ont déjà été étudiés et les résultats sont parfois contradictoires quant aux bénéfices des entraînements proposés (Thorell et al., 2009). Ainsi, on voit se développer des interventions axées directement sur les FE qui ciblent davantage le développement de compétences générales qui affectent le rythme et la qualité de la capacité d'apprentissage des enfants (par exemple, contrôle de l'attention, mémoire, planification, persévérance, résolution de problèmes) ou encore l'utilisation de jeux (Barrow et al, 2015 ; Bierman & Torres, 2016 ; Lubin et al., 2012 ; Raver et al., 2011 ; Rossi et al., 2012).

Plusieurs études ont montré des variations dans les mesures de la flexibilité cognitive chez les enfants selon leur origine sociale (Bierman & Torres, 2016 ; Blair & Diamond, 2008 ; Diamond, 2013 ; Er-Rafiqi et al., 2017 ; Fournieret & Des Portes, 2017). Cela suggère que la flexibilité cognitive est malléable et qu'elle est influencée par des pratiques et des expériences propres au milieu. Il est désormais bien établi que trois grands facteurs influencent le développement des FE (Duval et al., 2017) : ceux liés à l'enfant (maturation cérébrale, la part génétique et biologique ; Fujisawa et al., 2016, 2019), ceux associés à la famille, comme le statut

socioéconomique (Ursache et al., 2016 ; Diamond, 2013 ; Raver et al., 2011 ; Blair, & Diamond, 2008 ; Wiebe et al., 2011), et ceux liés au milieu éducatif (climat de classe, Pino-Pasternak et al., 2014) ou aux programmes d'interventions spécifiques (pour une revue détaillée des interventions efficaces voir par exemple Barrow et al, 2015 ou Diamond & Lee, 2011). À la lumière des résultats de ces études, le degré auquel les t-UD émergent pendant le transfert peut également varier d'un milieu à l'autre. Il pourrait être intéressant d'explorer aussi cette piste en comparant l'influence que peuvent exercer différents milieux (Réseau d'Education Prioritaire ; dispositif Unité Localisé pour l'Inclusion Scolaire, classes multi-niveaux, ...) sur l'apparition des t-UD et de leur lien potentiel avec les FE. Ces investigations permettraient également d'envisager des remédiations comme entraîner spécifiquement, ces populations au cœur de l'école inclusive, à utiliser des stratégies cognitives. Favoriser et soutenir les compétences liées aux FE dans les programmes d'éducation précoce et de prévention pourrait jouer un rôle clé dans la réduction des écarts et inégalités entre les enfants défavorisés et les enfants plus favorisés (Shonkoff & Phillips, 2000, cités par Bierman & Torres, 2016).

Conclusion

Ces deux études ont permis de confirmer l'implication de la flexibilité cognitive sur la capacité d'enfants de 5 à 7 ans à transférer une stratégie mnésique, ainsi que sur l'effet bénéfique de cette stratégie sur le rappel. De plus, nous avons pu étudier la validité concurrente de deux épreuves de flexibilité cognitive habituellement utilisées séparément, ce qui nous a permis de distinguer les processus sous-jacents impliqués dans la flexibilité. Nos résultats suggèrent que la flexibilité conceptuelle, comme celle qui existe dans le DCCS, est nécessaire lors du transfert entre des tâches complexes impliquant de nombreux éléments (par exemple, plusieurs items issus de plusieurs catégories). Les aspects plus perceptifs de la flexibilité, tels que ceux évalués dans le CTC, pourraient être davantage impliqués lors du transfert entre des tâches plus simples (par exemple deux listes de mots différents).

RESUME DU CHAPITRE 7 ETUDE TREFLE

Les jeunes enfants peuvent apprendre à appliquer des stratégies mnésiques à une tâche et à les transférer vers de nouvelles tâches similaires. Cependant, l'efficacité de la stratégie diminue souvent lors du transfert, ce qui entraîne un rappel plus faible sur la nouvelle tâche que sur la tâche d'origine (déficience d'utilisation due au transfert, t-UD). A travers deux expérimentations, menées pour l'une auprès d'enfants de Grande Section de maternelle, pour l'autre auprès d'enfants de CP, nous apportons la preuve de l'existence des t-UD dans deux tâches différentes et trois stratégies (autorépétition, tri à l'encodage 'sorting', groupement au rappel 'clustering'). De plus, le rôle de la flexibilité cognitive dans ce phénomène a été plus particulièrement testé.

Dans les deux expérimentations, les enfants étaient confrontés cinq fois à une tâche de rappel libre de noms d'items présentés sous forme d'images : Prétest, Entraînement 1, Entraînement 2, Post-test, Transfert où de nouvelles images étaient introduites. Les participants étaient affectés aléatoirement à un groupe avec entraînement stratégique ou à un groupe sans entraînement (groupe contrôle). Deux épreuves de flexibilité (DCCS et CTC) ont été utilisées afin de préciser les processus sous-jacents impliqués dans le transfert.

Dans les deux expérimentations, les résultats ont montré que la flexibilité cognitive explique le rappel au transfert, dans le cas d'une stratégie d'autorépétition (expérimentation 1, GS, n = 68) et dans le cas de deux stratégies d'organisation (expérimentation 2, CP, n = 72). En outre, l'entraînement explicite à la stratégie a empêché l'apparition d'une t-UD chez les plus jeunes (expérimentation 1) et, dans une moindre mesure, chez les plus âgés (expérimentation 2). Ainsi, les résultats montrent que les t-UD émergent à travers diverses tâches et stratégies, et peuvent être évitées, pour un transfert de stratégies efficaces, par les apports de la flexibilité cognitive et de l'entraînement stratégique.

Nous discutons des implications pour notre compréhension du rôle des FE et du développement de l'autorégulation des apprentissages, via le développement des stratégies et de leur transfert dans de nouvelles tâches.

DISCUSSION GENERALE

L'objectif de ce travail de thèse était d'apporter des précisions sur l'autorégulation des apprentissages chez le jeune enfant, soit la période entre 4 et 7 ans. Cette tranche d'âge est une période déterminante où l'enfant, qui est confronté aux premiers apprentissages et à la vie en collectivité, connaît des progrès nombreux et rapides qui peuvent impacter sa réussite scolaire (Blair & Raver, 2015 ; Bronson, 2000 ; Duval, et al., 2017, 2018 ; McClelland et al., 2015 ; Moriguchi et al., 2016). En effet, ces progrès apparaissent différemment selon les enfants, témoignant d'une importante variabilité inter-individuelle caractéristique de cette période charnière du développement. Ainsi, dans les classes, il n'est pas rare d'observer de jeunes élèves réussir tout de suite la tâche sans plus d'explication et d'autres, éprouver des difficultés ou passer totalement à côté des attentes de l'enseignant. Certains enfants seront ainsi plus enclins à répondre à ces attentes que d'autres. Par ailleurs, le contexte éducatif implique quasiment en permanence des changements de règles ou d'environnement que l'enfant doit appréhender pour pouvoir évoluer positivement. On attend ainsi des jeunes enfants qu'ils fassent preuve d'autonomie et de contrôle de soi, et cela leur est particulièrement difficile entre 2 et 6 ans. Comme nous avons pu l'expliquer dans notre partie théorique, on reconnaît désormais que l'autorégulation suit un développement lent, qui prend d'abord appui sur autrui (hétérorégulation) ou sur le contexte. Plusieurs points de vue s'affrontent néanmoins (Lyons & Zelazo, 2011, Marulis et al., 2020 ; Marulis & Nelson 2020 ; Roebbers, 2017), notamment pour expliquer les différences développementales observées (Dörr & Perels, 2019 ; Jacob et al., 2019a et b ; Jeong & Frye, 2020 ; Perry, 2019 ; Zachariou & Whitebread, 2019).

Au cours de son parcours à l'école maternelle, le mode de contrôle de l'enfant évolue progressivement pour passer d'une régulation réactive, instinctive et influencée par le contexte, à une régulation proactive plus réfléchie, qui permet de construire des processus d'apprentissage complexes et autorégulés (Blackwell & Munakata, 2014 ; Gonthier et al., 2019 ; Zelazo, 2015). Les travaux récents reconnaissent également que cette évolution est permise par le développement des fonctions exécutives (FE) qui constituent la part cognitive de l'autorégulation, et par la métacognition qui contribue au contrôle et à la surveillance de son comportement. Ainsi, on admet que ces deux fonctions cognitives interconnectées sont nécessaires pour s'autoréguler (Marulis et al., 2020 ; Roebbers, 2017) et qu'elles contribuent à la réussite scolaire ultérieure (Ahmed et al., 2019 ; Jeong & Frye, 2020 ; Zelazo & Carlson, 2020). Cependant, les preuves empiriques sont encore rares pour déterminer finement les liens qui unissent ces processus (Roebbers, 2017 ; Blair & Ursache, 2011 ; Bryce & Whitebread, 2012). Cela est plus particulièrement le cas pour les enfants les plus jeunes, chez qui les capacités d'autorégulation restent souvent sous-estimées (Perry, 2019 ; Perry & Winne, 2006 ; Whitebread et al., 2007, 2009). Ainsi, le chevauchement existant entre ces grandes fonctions indispensables pour

apprendre, et le manque de précision et de consensus concernant leurs spécificités à la période de l'école maternelle, nous ont questionnés et poussés à investiguer les liens qui les unissent. Ce travail de thèse a permis de recueillir de nouvelles données, afin d'améliorer notre compréhension du fonctionnement de l'autorégulation des apprentissages et des relations qu'elle entretient avec le fonctionnement exécutif et la métacognition.

Notre hypothèse principale consistait à envisager les FE (et plus spécifiquement la flexibilité cognitive) et la métacognition comme des précurseurs de l'autorégulation. Nous les considérons comme des facteurs individuels modulant le développement de l'autorégulation des apprentissages, et partageant des liens qui évoluent selon l'âge des enfants.

Nous avons porté un intérêt spécifique à la flexibilité. En effet, celle-ci permet d'analyser l'environnement sous différents angles afin de s'adapter aux demandes, et de profiter des opportunités inattendues que nous offre une situation (parfois appelée sérendipité) : c'est pourquoi elle pourrait être particulièrement impliquée dans l'autorégulation. De plus, c'est l'amélioration des capacités permettant d'identifier puis maintenir le but d'une tâche, et de surveiller l'environnement et les indices qui s'y trouvent, qui sous-tendent le développement de la flexibilité (Blaye, 2021).

Nous avons également porté un intérêt particulier au transfert de stratégies cognitives, car il suscite un regain d'intérêt ces dernières années avec la mise en évidence d'un phénomène particulier dans le développement d'une stratégie : la t-UD. Le transfert impliquant de s'adapter à la nouveauté, la flexibilité pourrait à nouveau être particulièrement utile pour réussir une tâche de transfert puisqu'elle permet de concevoir de nouvelles façons d'appréhender une situation (Clément, 2006, 2021 ; Clerc & Josseron, 2021).

Pour résumer les principaux résultats de notre contribution expérimentale, un premier point concerne l'influence de la flexibilité cognitive et de la métacognition sur la fixation d'un but et sur le recours aux stratégies entre 4 et 7 ans. De plus, nous avons pu montrer que la flexibilité cognitive et le fonctionnement exécutif global prédisent la métacognition, dans ses deux versants, déclaratif et procédural. Ces résultats poussent à s'interroger sur les perspectives qui en découlent. Nous allons revenir spécifiquement sur les apports de ce travail au regard du cadre théorique de l'autorégulation des apprentissages. Nous commencerons par rappeler les preuves de l'existence de capacités d'autorégulation de l'apprentissage chez le jeune enfant. Nous préciserons quels sont les facteurs d'influence de ce développement, en nous intéressant plus particulièrement aux rôles tenus par la flexibilité et par la métacognition. Dans une seconde partie, nous proposerons une réflexion concernant les applications possibles dans le monde de l'éducation pour soutenir le développement de l'autorégulation à la maternelle. Enfin, dans une troisième et dernière partie, nous évoquerons les limites de ce travail.

1. Développement de l'autorégulation des apprentissages à la maternelle

Même si les capacités d'autorégulation des apprentissages chez le jeune enfant font toujours débat, de plus en plus de preuves de son existence sont apportées par les recherches récentes (Dörr & Perels, 2019 ; Jacob et al., 2019a et b ; Marulis et al., 2020 ; Robson, 2016 ; Roebbers, 2017). Il apparaît cependant nécessaire de guider l'enfant dans le franchissement des différentes étapes de l'autorégulation, comme la fixation du but (Doebel et al., 2018 ; Lucenet & Blaye, 2019 ; Roebbers et al., 2019) ou le recours aux stratégies (Azevedo, 2009 ; Boekaerts & Corno, 2005 ; Clerc, 2013 ; Panadero, 2017 ; Winne, 2018). Ce travail de thèse s'inscrit pleinement dans cette dynamique de recherche, puisque nous avons pu montrer que, dès la maternelle, un enfant peut se fixer un but (première étape de l'autorégulation) et avoir recours à des stratégies appropriées (deuxième étape de l'autorégulation) pour résoudre une tâche. Par ailleurs, nos résultats permettent d'apporter des précisions supplémentaires quant aux facteurs qui influent sur le bon déroulement de ces deux étapes. Ainsi, nous avons pu montrer que les conditions de réalisation de la tâche, ainsi que la flexibilité et la métacognition, sont déterminantes.

1.1. Influence des conditions de réalisation de la tâche

1.1.1. Fixation du but

La première étape de l'autorégulation en est en quelque sorte la porte d'entrée, mais au-delà de cet aspect, il est fondamental de savoir vers où se diriger et quoi faire pour répondre aux exigences d'une tâche : on ne peut pas atteindre un but si on ne sait pas comment y parvenir. Les connaissances et les compétences requises pour une tâche sont essentielles pour se représenter et se fixer un but, mais les indices disponibles dans l'environnement, qui vont guider la construction du but, le sont tout autant. Dans notre première étude (PUZADAPT) nous avons pu montrer que la fixation du but dépend en partie des contraintes de réalisation d'une tâche : l'ajout d'une contrainte prévisible pour réaliser un puzzle conduit les enfants à changer de but. Cela confirme la tendance qu'ont les enfants d'âge préscolaire à se laisser distraire par des éléments sans rapport avec la tâche lors d'un changement de règles (Blakey et al., 2016). Ainsi, l'annonce d'un changement pousse au changement, mais ce constat n'a pu être posé que lors du premier point de mesure. Ceci pourrait s'expliquer par le contrôle réactif typique des jeunes enfants, qui les amène à prendre davantage appui sur les indices de l'environnement (Braver, 2012 ; Munakata et al., 2012). Avec la précision qu'une contrainte va être ajoutée, les enfants peuvent en effet se préparer et anticiper un changement.

Nos résultats rejoignent ainsi ceux de Blackwell et Munakata (2014) qui ont montré que cette transition développementale du mode de contrôle d'abord réactif à un contrôle de plus en plus proactif, chez des enfants de 6 ans, est associée à des avantages en termes de préparation, mais aussi à des coûts de réaction à des situations exigeantes. Selon eux, lorsque les enfants

commencent à conserver de manière proactive les informations en prévision de leur utilisation, ils peuvent être mieux préparés au moment de les utiliser, par rapport aux enfants qui codent les informations et les récupèrent de manière réactive lorsque cela leur est demandé. Cependant, ce mode de contrôle proactif affecte fortement leurs capacités lorsque les ressources sont limitées ou que ce mode devient difficile ou impossible, le rendant alors moins efficace. Ceci est cohérent avec les résultats que nous avons obtenus face à l'ajout d'une contrainte imprévisible pour laquelle il faut réagir immédiatement : dans ce second cas, nous n'avons pas observé de changement de but de la part des enfants, qui maintenaient davantage leur but initial. Le changement de but observé après ajout d'une contrainte prévisible représente donc selon nous la face cachée du contrôle proactif, dans la mesure où ce dernier détourne l'enfant de son but initial.

Le rôle de l'environnement est souligné par le modèle d'autorégulation de Winne (1998), les conditions de l'environnement déterminant la probabilité de succès dans l'atteinte d'un but. Dans ce modèle, les *Conditions* font référence aux ressources disponibles, et aux contraintes inhérentes à la tâche (condition interne : par exemple la procédure pour réaliser un puzzle) ou à l'environnement (condition externe : par exemple, l'annonce d'une contrainte pour réaliser la tâche). Ces conditions influent sur les autres composants du modèle mais sont particulièrement importantes au début de l'autorégulation, lorsque l'apprenant doit les identifier (phase 1, dite de « perception et définition de la tâche »). Ce dernier recherche, dans l'environnement extérieur ainsi que dans sa mémoire, des éléments sur lesquels s'appuyer. Cela lui permet ensuite de se fixer un but et de planifier la façon de l'atteindre (phase 2 du modèle, dite de « fixation de buts et planification »). Comme le souligne Winne (2011, 2017), cette deuxième phase correspond à une prise de décision qui est enrichie par les informations récupérées en mémoire, notamment quand les buts sont activés ou modifiés par un changement des conditions de la tâche. Selon le contexte et le type de tâche, un feedback externe peut être fourni par l'environnement, ce que nous avons matérialisé dans notre étude quand la contrainte pour réaliser le puzzle était annoncée puis appliquée. Cela pousse l'enfant à effectuer des mises à jour des conditions sur la chronologie de la tâche, mises à jour qui engendrent des corrections et une révision du but. Ainsi, le fait de préciser à l'enfant qu'une contrainte va être ajoutée peut le conduire à planifier un changement de but (ici de procédure d'assemblage du puzzle entre les 3 possibles), qui se manifeste ensuite par un changement effectif de but lorsque cette contrainte survient.

1.1.2. *Recours aux stratégies*

Les premiers travaux concernant l'autorégulation s'intéressaient déjà au recours aux stratégies. Les stratégies d'autorégulation font partie du répertoire stratégique d'un individu, que certains facteurs peuvent impacter comme l'intensité et la durée des entraînements (Bjorklund et al., 1997 ; Diamond & Lee, 2011 ; Schubert et al., 2014 ; Wischgoll, 2016). Nous avons étudié deux stratégies d'auto-identification des indices d'une tâche –pointage et verbalisation- chez des

enfants de 4 ans (étude 2 STRAFIX) et trois stratégies mnésiques –autorépétition, *sorting* et *clustering*- chez des enfants âgés de 5 à 7 ans (étude 3 TREFLE). Nos résultats permettent d'apporter des précisions concernant l'utilisation de ces stratégies très différentes, et peuvent contribuer à faire avancer le débat sur les déficiences d'utilisation stratégique (DU) dans le développement des stratégies (modèle de Miller, 1990). De plus, nous avons apporté une preuve intéressante du rôle que peut avoir un entraînement explicite sur l'utilisation d'une stratégie. Ceci a été plus particulièrement mis en évidence dans les deux expérimentations de notre troisième étude (TREFLE). Nous avons montré que l'entraînement stratégique permet de produire une stratégie avec plus d'efficacité, et probablement avec moins d'effort en mobilisant moins de ressources cognitives, permettant ainsi aux enfants de se concentrer sur l'encodage du matériel à mémoriser. De plus, dans les deux expérimentations, les effets de l'entraînement sont robustes. Ces résultats confirment le rôle de l'entraînement dans l'acquisition de stratégies mnésiques chez de jeunes enfants (Coffman et al., 2008 ; Schneider & Ornstein, 2019).

1.1.3. Spécificités du transfert

Les premiers travaux sur l'autorégulation (Winne, 1995 ; Zimmerman, 1986, 1990) montraient souvent un non-réinvestissement des stratégies entraînées dans d'autres contextes, pointant ainsi les questions liées au transfert de stratégies dans un contexte nouveau. La question du maintien du bénéfice d'un entraînement lorsque qu'une stratégie est transférée, a été moins explorée. Plusieurs études récentes montrent qu'un transfert de stratégie cognitive, réussi quant à la qualité intrinsèque de la stratégie transférée, peut néanmoins s'accompagner d'une baisse de son bénéfice dans la tâche de transfert : c'est la Déficience d'Utilisation due au transfert (t-UD, Clerc & Miller, 2013 ; Clerc et al., 2017). Cependant, aucune étude n'avait encore testé si une telle baisse d'efficacité stratégique au transfert se manifeste quand la stratégie a donné lieu à un entraînement explicite dans la première tâche : c'est ce que nous avons fait, nos résultats ayant été publiés récemment (Clerc et al., 2021).

Notre travail offre une nouvelle perspective sur les déficiences d'utilisation stratégique puisque nous avons pu montrer l'existence de t-UD dans deux expérimentations portant sur deux tâches distinctes, trois stratégies mnésiques différentes, et plusieurs âges. Ceci suggère que les t-UD sont un phénomène robuste. Ces t-UD ont été plus particulièrement investiguées dans notre dernière étude (TREFLE). Nous avons montré que l'entraînement stratégique est nécessaire pour un transfert complètement réussi, et protège contre les t-UD. En plus de montrer que les t-UD semblent être relativement fréquentes et donc dignes d'intérêt, notre étude fournit également des preuves supplémentaires que la demande en ressources cognitives peut être un mécanisme sous-jacent aux t-UD, en comparant les enfants entraînés et non entraînés.

Les résultats de notre deuxième étude (STRAFIX) sont moins nets, mais on peut souligner le fait que les enfants entraînés à verbaliser le but ont réussi à maintenir de bonnes performances de tri face à la tâche de transfert, en ayant davantage recours à cette stratégie dans cette situation

qui implique de nouvelles cartes. Les enfants entraînés au pointage du but ont également réussi à maintenir de bonnes performances de tri face à la tâche de transfert, même s'ils n'avaient pas davantage recours à la stratégie qu'en Post-test. L'entraînement stratégique semble ainsi pouvoir prémunir les enfants des t-UD.

Notre contribution expérimentale concernant la deuxième étape de l'autorégulation permet aussi de conforter le modèle d'autorégulation de Winne, qui montre que l'autorégulation des apprentissages dépend des connaissances qui s'accumulent et qui font évoluer l'autorégulation en retour. En effet, Winne (2017) indique que ce processus est complexe et coûteux cognitivement, et que les performances à une tâche peuvent décliner parce que la mise en œuvre de processus nouvellement appris nécessite elle-même des ressources élevées. C'est ce que montrent les t-UD.

1.2. Flexibilité et métacognition : deux précurseurs interconnectés

Le développement de l'autorégulation des apprentissages dépendrait de certains précurseurs qui expliquent les différents profils observés. Les travaux actuels soutiennent l'hypothèse selon laquelle l'autorégulation entretiendrait des liens avec les fonctions exécutives (Diamond, 2016 ; Perry et al., 2018 ; Zelazo, 2015) et avec la métacognition (Dörr & Perrels, 2019 ; Marulis et al., 2020 ; Perry, 2019 ; Roebbers, 2017). Ces deux fonctions sont indispensables pour s'autoréguler et contrôler son comportement. De même, d'autres études ont pu montrer que le niveau de fonctionnement exécutif peut influencer le recours aux stratégies et leur efficacité, qui sont aussi au cœur de l'autorégulation (Clerc et al., 2021 ; Geurten et al., 2016 ; Schneider et al., 2004, 2009 ; Stone & Blumberg, 2013 ; Stone et al., 2016). Nous avons pu vérifier cette hypothèse, apportant ainsi un soutien empirique pour comprendre le fonctionnement et les liens qui unissent ces processus (Blair & Ursache, 2011 ; Bryce & Whitebread, 2012 ; Roebbers, 2017). Nos résultats ont permis d'apporter une preuve supplémentaire, en montrant que les deux premières étapes de l'autorégulation des apprentissage (fixation du but et recours aux stratégies) peuvent être influencées par la flexibilité (PUZADAPT pour le but ; TREFLE pour le transfert de stratégies), le fonctionnement exécutif global (STRAFIX pour le but et le recours aux stratégies), et la métacognition (PUZADAPT et STRAFIX pour le but) chez des enfants âgés de 4 à 5 ans.

1.2.1. Fonctionnement exécutif et flexibilité

Les FE sont constituées par un ensemble de capacités qui permettent le traitement de l'information de manière ciblée et adaptée au contexte pour atteindre un but. Elles facilitent l'adaptation dans les situations nouvelles et permettent la régulation intentionnelle de la pensée et de l'action, en direction du but visé. Des liens avaient déjà été établis entre FE et autorégulation chez des populations de jeunes adultes (Garner, 2009 ; Musso et al, 2019) et d'adolescents (Effeney et al., 2013), et pas, ou moins, chez des enfants de 4 ans comme nous avons pu le montrer. De plus, il a été montré que les trois FE fondamentales (MDT, inhibition et flexibilité

cognitive) partagent des processus communs, dont la gestion des buts (pour une synthèse récente voir Blaye, 2021) qui est présente également dans l'autorégulation de l'apprentissage. Ce travail de thèse améliore la compréhension du développement cognitif chez le jeune enfant.

Nous avons ainsi montré l'implication spécifique de la flexibilité cognitive dans le choix du but face à une contrainte imprévisible (PUZADAPT). Lors du premier point de mesure, c'est l'aspect plus perceptif de la flexibilité –mesuré par le TRAIL-P- qui expliquait ce lien alors que six mois plus tard, c'est l'aspect plus conceptuel –mesuré par le DCCS- qui l'expliquait davantage. Ainsi, nous avons pu souligner le poids des différentes facettes de la flexibilité (perceptive vs conceptuelle) pour expliquer comment un enfant de 4 à 5 ans se fixe un but, la flexibilité étant un ensemble complexe de processus plutôt qu'une fonction mono-processus (Cragg & Chevalier, 2012). Nos résultats confirment l'intérêt de ne pas négliger les aspects conceptuels de la flexibilité au profit des seuls aspects exécutifs (Chevalier et al., 2014 ; Maintenant & Pennequin, 2016).

Si l'on s'intéresse à l'efficacité stratégique, des liens avaient déjà été montrés avec les FE chez des enfants d'âge scolaire (Stone & Blumberg, 2013 ; Stone, et al., 2016). La mémoire de travail est impliquée dans l'amélioration des connaissances stratégiques et dans le développement du répertoire stratégique pendant l'enfance (Geurten et al., 2016 ; Schneider et al., 2004, 2009 ; Woody-Dorning & Miller, 2001). Notre contribution apporte des précisions concernant une autre FE fondamentale, la flexibilité. Notre troisième étude (TREFLE) met en évidence, pour la première fois, le rôle joué par la flexibilité cognitive dans le transfert de stratégies mnésiques par des enfants âgés de 5 à 7 ans. La flexibilité cognitive prédit les scores de rappel au transfert dans les deux expérimentations, ce qui est cohérent avec des recherches antérieures (Brown et al., 1986 ; Pauen & Bechtel-Kuehne, 2016 ; Stad et al., 2017). Nous n'avons pas pu montrer ce lien dans notre deuxième étude (STRAFIX), toutefois il faut rappeler que notre échantillon était faible et que les stratégies étaient peu utilisées. Il est donc difficile de conclure pour le moment.

1.2.2. Métacognition

L'autorégulation de l'apprentissage implique de s'auto-observer et de développer un regard critique sur son propre fonctionnement, afin de pouvoir émettre un jugement sur le travail accompli. Ainsi, elle repose sur la capacité à évaluer sa propre manière d'apprendre, grâce à des connaissances sur ses propres stratégies d'apprentissage. C'est pourquoi la métacognition est une composante clé de l'autorégulation des apprentissages, puisqu'elle implique à la fois une prise de conscience du fonctionnement cognitif (par exemple devoir surveiller l'exécution de la tâche ou des stratégies) et une évaluation de ce fonctionnement cognitif (jugement sur l'activité en cours, facilité, niveau de maîtrise, confiance dans les réponses). Nous avons montré que les capacités métacognitives des jeunes enfants peuvent également être impliquées dans la fixation du but, en particulier dans notre première étude (PUZADAPT) où la métacognition prédisait le choix du but en condition de changement imprévisible.

Tout comme pour la flexibilité, nous avons pu apporter des précisions quant aux différentes facettes de la métacognition impliquées. Ce sont davantage les compétences métacognitives procédurales –évaluées par la CHILD- qui expliquaient ici le choix du but au premier point de mesure, alors que ce sont plutôt les métaconnaissances –évaluées par le McKI- qui les expliquaient six mois plus tard. Ce lien entre métacognition et fixation du but a été retrouvé dans notre deuxième étude (STRAFIX), après entraînement stratégique uniquement, mais pour les deux dimensions métacognitives (déclaratives : McKI et procédurales : CHILD). De plus, dans ces deux études, les enfants avaient le même âge (4 ans) mais étaient confrontés à une tâche différente : un puzzle (PUZADAPT) ou une tâche de tri de cartes indicées (STRAFIX). Il semble ainsi que ce lien ne soit pas spécifique à un seul domaine.

Si l'on considère plus spécifiquement le recours aux stratégies, les recherches sur l'entraînement stratégique ont depuis longtemps montré l'importance d'un travail métacognitif à associer à l'utilisation de la stratégie en elle-même pour gagner en efficacité (Pressley & Harris, 2009 ; Winne, 2017). En enseignant aux enfants ces stratégies et en leur permettant de les pratiquer, on leur offre l'opportunité d'apprendre où et quand elles fonctionnent, quels sont leurs avantages, et comment ces stratégies peuvent être adaptées à de nouvelles situations. L'entraînement à une stratégie devrait permettre d'augmenter les connaissances métacognitives associées à son usage (Winne, 1996 ; Winne & Perry, 2000). L'enseignement de stratégies métacognitives d'auto-instruction et de guidage serait ainsi une piste prometteuse pour soutenir le développement de l'autorégulation de l'apprentissage. Malheureusement, nos résultats (étude 2 STRAFIX) n'ont pas permis de mettre en évidence un quelconque lien entre métacognition et stratégie. On peut toutefois préciser qu'une tendance significative était apparue avant entraînement entre le McKI et la stratégie de pointage, ce qui encourage à poursuivre les investigations. En effet, l'effectif était réduit et le recours aux stratégies assez faible chez ces enfants de 4 ans, ce qui limite l'interprétation.

1.2.3. Relations qui les unissent

Nous venons de rappeler que notre travail de thèse avait permis de montrer l'influence de la flexibilité et de la métacognition sur l'autorégulation des apprentissages, nous poussant ainsi à les considérer toutes deux comme des précurseurs de ce processus complexe. En investiguant les liens qui unissent ces fonctions de haut niveau, nous avons aussi pu étudier la validité concurrente de trois épreuves de flexibilité cognitive habituellement utilisées séparément, ce qui nous a permis de distinguer des processus sous-jacents impliqués dans la flexibilité.

Nous avons fait de même avec la métacognition en nous intéressant à deux outils métacognitifs. Nous avons pu déterminer dans quelle mesure les performances à ces épreuves sont corrélées entre elles. Nos résultats permettent de distinguer les processus sous-jacents impliqués dans la flexibilité en fonction des outils utilisés, distinction déjà suggérée dans des

études antérieures (Clerc et al., 2021 ; Doebel & Zelazo, 2015). Nous avons ainsi pu confirmer que les tests de traçage de piste comme le TRAIL-P et le CTC rendent compte des aspects perceptifs de la flexibilité alors que le DCCS, épreuve probablement la plus utilisée pour évaluer la flexibilité chez les enfants d'âge préscolaire, rend davantage compte des composants conceptuels.

Par ailleurs, des études récentes suggèrent que les fonctions exécutives et la métacognition partagent des trajectoires de développement parallèles et entretiennent une relation dynamique au cours du développement (Marulis et al., 2020 ; Roebers, 2017). Ainsi, la maturation des FE serait déterminante pour le développement des capacités métacognitives et l'autorégulation des apprentissages.

Un lien entre fonctionnement exécutif et métacognition chez des enfants âgés de 4 ans a été mis en évidence dans nos deux premières études. La flexibilité prédisait la métacognition de manière significative dans l'étude 1 (PUZADAPT). Nous avons pu préciser ce lien en montrant que c'est l'aspect conceptuel de la flexibilité qui est relié aux connaissances métacognitives à 4 ans, ainsi qu'aux compétences métacognitives à l'approche des 5 ans. Nous n'avons pas trouvé d'effet spécifique avec la dimension perceptive de la flexibilité. Ces aspects plus perceptifs de la flexibilité, tels que ceux évalués par les tests de traçage de pistes, sont en revanche impliqués pour faire face à un changement imprévisible dans l'environnement à 4 ans (PUZADAPT avec le TRAIL-P), et semblent particulièrement impliqués lors du transfert de tâches plus simples (par exemple deux listes de mots différents) entre 5 et 7 ans (TREFLE avec le CTC). En revanche, nous n'avons pas trouvé de liens entre cette facette perceptive de la flexibilité et la métacognition à 4 ans. Pourtant, nous avons montré que les compétences métacognitives procédurales étaient impliquées dans le choix du but face à une contrainte imprévisible à 4 ans, les connaissances métacognitives prenant le relais à l'approche des 5 ans (PUZADAPT).

Nos résultats suggèrent aussi que la flexibilité conceptuelle, comme celle évaluée par le DCCS, se démarque plus tardivement, pour faire face à un changement imprévisible de l'environnement vers 5 ans (PUZADAPT). Elle est, de plus, nécessaire lors du transfert entre des tâches complexes impliquant de nombreux éléments entre 5 et 7 ans (TREFLE). Nous avons montré que cette facette de la flexibilité est reliée aux deux versants de la métacognition (métaconnaissances et compétences procédurales) entre 4 et 5 ans. Enfin, nous pouvons aussi souligner qu'un outil a permis de relier à la fois le fonctionnement exécutif global, la flexibilité conceptuelle et les deux versants de la métacognition à 4 ans : le CHEXI. Cet inventaire du fonctionnement exécutif pourrait donc présenter un intérêt pour les recherches futures. De plus, il se décline pour différentes tranches d'âge (ADEXI pour l'adulte ; TEXI pour les adolescents, en phase de finalisation ; PEXI pour les enfants de 1,5 à 4 ans, validation en cours), et est plus court avec ses 24 questions que la BRIEF-P qui en compte 63, ce qui représente un gain de temps non négligeable pour les enseignants qui l'administrent.

En revanche, nous n'avons pas trouvé de liens spécifiques entre la métacognition et la flexibilité à 4 ans dans notre deuxième étude (STRAFIX), suggérant que cette FE peut émerger, en tant que telle, plus tardivement (Fuhs et al., 2013 ; Wiebe et al., 2011 ; Willoughby et al., 2011, 2016). Nous avons cependant montré que le fonctionnement exécutif global prédisait à la fois les connaissances métacognitives et les compétences métacognitives à 4 ans. Ces relations ont été confirmées par des liens de corrélation, comme cela a été récemment reporté par Marulis et Nelson (2020). Roebers (2017) considère que les FE jouent un rôle primordial dans le développement de la métacognition, mais seulement chez les jeunes enfants vers 4-6 ans. Comme le suggèrent Marulis et al. (2020), l'émergence des capacités métacognitives précoces permet aux jeunes enfants de devenir de plus en plus conscients du traitement de l'information, et ce, grâce aux FE qui leur permettent de prendre de plus en plus le contrôle sur leur apprentissage. Ils peuvent ainsi adopter une gestion plus proactive des informations de l'environnement concernant la tâche dans laquelle ils s'engagent.

2. Réflexion et pistes sur les applications permettant de soutenir l'autorégulation des apprentissages

2.1. L'explicitation

Les travaux actuels montrent que pour aider un apprenant à repérer et se fixer un but, il est recommandé d'expliciter de manière très concrète ou de lui faire expliciter le but visé dans la tâche (voir Blaye, 2021 pour une synthèse récente). Il a déjà été montré qu'intervenir directement sur l'environnement pour représenter matériellement le but semble favorable (Famose & Margnes, 2016 ; Fitamen et al., 2019 ; Winne, 1996). Ce travail de thèse permet de conforter ces recommandations, puisque nos résultats suggèrent d'encourager les jeunes enfants à expliciter le but d'une tâche à réaliser, et de rendre plus visible et plus clair ce but en le matérialisant de façon très concrète. Nous avons pu montrer que le recours à nos Planches Nounours de Choix du But (PNCB©), qui représentent explicitement la procédure de réalisation du puzzle, n'était pas aléatoire et qu'il pouvait aider les enfants de 4 ans à se fixer un but.

Les résultats de notre deuxième étude (STRAFIX) vont aussi dans ce sens, puisque les enfants avaient tous à leur disposition les planches de pointage où étaient schématisées les règles de tri correspondant aux indices (papillons gris et colorés). Nous avons montré que tous les enfants progressaient dans la tâche de tri indicé en triant correctement les cartes selon le bon critère, et de façon croissante au fur et à mesure des phases successives. Les planches ont pu aider à se fixer le but correct pour réussir la tâche, probablement via un allègement de la charge cognitive nécessaire au maintien et au rappel des indices et règles de tri.

De plus, aider l'apprenant à identifier les stratégies d'atteinte du but semble également important (Panadero, 2017 ; Winne, 2018). En ce sens, entraîner aux stratégies qui permettent d'atteindre le but d'une tâche apparaît pertinent, suivant en cela les recommandations d'études

récentes sur l'indiçage (Fitamen et al., 2019 ; Lucenet & Blaye, 2019 ; Roebers et al., 2019). Notre deuxième étude a aussi permis de montrer l'influence de l'entraînement stratégique sur la fixation du but. En effet, l'entraînement à utiliser les stratégies de pointage et de verbalisation a contribué à augmenter le score de but chez les enfants entraînés. Nos résultats confortent ainsi les recommandations apportées par les études récentes qui suggèrent que l'utilisation de signaux (*cue utilization*) ainsi que l'entraînement à utiliser des stratégies peuvent être des pistes prometteuses pour favoriser la fixation du but (Lucenet & Blaye, 2019 ; Roebers et al., 2019). Nous avons pu montrer que l'entraînement apporte des bénéfices à des enfants de 4 ans, comme cela avait déjà été montré avec des tâches informatisées (Doebel et al., 2018). Ici, nous avons créé nous-même la tâche de tri indicée avec des cartes de jeux disponibles dans le commerce. Toutefois la différence entre les groupes n'a pas été retrouvée en phase de Transfert mobilisant un nouveau matériel. Ceci renforce à nouveau l'importance du choix du matériel et du contexte pour réussir à se fixer un but.

En contexte scolaire, les connaissances, compétences ou procédures nécessaires à la réalisation de certaines tâches ne sont pas systématiquement enseignées, ou pas suffisamment ni assez régulièrement, ce qui peut expliquer les différences entre les élèves et contribuer à la création d'inégalités (Bautier & Goigoux, 2004 ; Goigoux et al., 2004). A l'école primaire, il n'est pas rare que les enfants ne soient pas conscients des actions nécessaires pour réaliser un apprentissage, comme prêter attention, ignorer les distractions, persister dans des tâches, être organisé, ou planifier son travail (Blair & Razza, 2007 ; Simons et al., 2020). Notre travail s'inscrit dans la dynamique du mouvement « *apprendre à apprendre* » qui suggère de doter les élèves, dès la maternelle, de méthodes et outils pour apprendre (Famose & Margnes, 2016). Notre contribution encourage le recours à des pratiques pédagogiques telle que l'instruction explicite des stratégies cognitives et métacognitives, et soutient l'idée que les enseignants fassent participer les élèves et les faire partager leurs idées (Pino-Pasternak et al., 2014). Elle interroge aussi la place du contexte de classe et des conditions de réalisation des apprentissages, qui prend également de l'ampleur depuis les travaux princeps de Boekaerts et Corno (2005). L'intérêt pour l'aspect social et le versant collaboratif de l'autorégulation mérite aussi d'être considéré dès le plus jeune âge (Blair & Raver, 2015 ; Brinck & Liljenfors, 2013 ; Duval et al., 2016 ; Grau & Whitebread, 2012 ; Hadwin & Oshige, 2011 ; Mottiez-Lopez, 2016).

2.2. Entraîner les fonctions exécutives et la métacognition

Si les FE et la métacognition sont impliquées dans l'autorégulation des apprentissages et que leur développement est lié, on peut supposer qu'entraîner ces fonctions cognitives pourrait soutenir le développement de l'autorégulation des apprentissages (Bierman & Torres, 2016 ; Ellis et al., 2014). Nous avons d'ailleurs déjà souligné dans notre partie théorique l'engouement que connaît l'entraînement des FE dans les recherches actuelles, que ce soit à l'étranger (Buttelmann & Karbach, 2017) ou en France (Houdé & Borst, 2014 ; Mennetrey & Angeard, 2018). Une fois

de plus, la flexibilité cognitive est concernée par ces travaux qui suggèrent qu'entraîner cette fonction aurait un impact sur le transfert de performances dans des tâches scolaires (pour une récente synthèse, voir par exemple Johann & Karbach 2019, cités par Blaye, 2021).

D'autres études soulignent le rôle joué par les processus métacognitifs sur le fonctionnement des FE (Chevalier & Blaye, 2016). Cependant, on ignore encore quels sont les effets des instructions métacognitives sur l'entraînement cognitif. On peut supposer, comme nous l'avons déjà évoqué, qu'un entraînement métacognitif devrait inciter les enfants à réfléchir sur leur façon d'appréhender une tâche et sur les stratégies à adopter pour être efficace. Cela témoignerait de capacité d'adaptation et de flexibilité puisque les enfants devraient s'appuyer sur leur expérience antérieure durant l'entraînement pour réaliser la tâche. Certaines études ont déjà montré l'intérêt de l'entraînement métacognitif centré sur le développement de l'inhibition (Houdé & Borst, 2014 ; Lubin et al., 2012, 2013 ; Rossi et al., 2012) ou de la flexibilité cognitive (Buttelmann & Karbach, 2017). Selon ces auteurs, l'entraînement métacognitif serait une approche prometteuse pour promouvoir la flexibilité cognitive et soutenir le transfert de stratégies. Pour Pennequin (2021), ce serait plus spécifiquement le monitoring qui serait relié à la flexibilité puisqu'il permet à l'apprenant de considérer et d'évaluer plusieurs dimensions liées aux conditions de réalisation de la tâche simultanément. Par ailleurs, l'entraînement métacognitif a déjà été testé avec succès auprès d'élèves scolarisés en Unité Localisée pour l'Inclusion Scolaire (ULIS ; étayage métacognitif : Maintenant et al., 2020) ou auprès d'enfants présentant une déficience intellectuelle (entraînement au transfert : Luxembourger et al., 2014 ; entraînement métacognitif : Pennequin et al., 2011). Cependant, le lien avec l'autorégulation, la fixation du but ou le recours aux stratégies n'a pas été spécifiquement étudié à notre connaissance, et encore moins auprès des très jeunes enfants.

2.3. Réflexion sur les outils d'investigation d'un processus complexe

Plusieurs chercheurs suggèrent que ce serait la combinaison des outils qui permet de rendre davantage compte des capacités exécutives, métacognitives et autorégulatrices des jeunes enfants (Diamond, 2016 ; Follmer & Sperling, 2016 ; Marulis et al., 2020 ; Moreno et al., 2017 ; Roebbers, 2017 ; Zachariou & Whitebread, 2019). Le choix des outils apparaît donc particulièrement important avec les jeunes enfants (Robson, 2016). Par exemple, Roebbers et Spiess (2017) ont montré que les premiers signes de contrôle métacognitif apparaissent vers 3-4 ans en situation de jeu (Destan et al, 2014), sinon il faut attendre l'âge de 10 ans. Des études comme celle de Sperling et al. (2000) ont montré que des enfants de 3 ans sont capables de contrôler leur comportement en résolution de problème, et que dès 4 ans ils savent utiliser des stratégies et processus métacognitifs face à un puzzle. Les travaux actuels poussent aussi à l'innovation et la créativité, puisque plusieurs études sont parvenues à montrer qu'il est possible d'évaluer l'autorégulation des apprentissages chez les enfants d'âge préscolaire, et ce de manière directe, si tant est que l'on trouve le bon outil d'investigation. Récemment par exemple,

certains ont eu recours à des histoires mettant en scène des personnages attachants et qui présentent différents scénarios de problèmes, nécessitant le recours à des stratégies dont on va tester la connaissance chez l'enfant (Jacob et al., 2019b ; Jeong & Frye, 2020). D'autres comme Zachariou et Whitebread (2019) ont adopté une approche observationnelle pour étudier le développement de l'autorégulation chez des enfants de 6 et 8 ans, dans un contexte de développement adapté et naturel : le jeu musical. Afin d'appréhender précisément les comportements d'autorégulation des enfants, ils ont adapté le cadre de codage de la C.Ind.Le (Whitebread et al., 2009) qui sert à identifier les indicateurs verbaux et non verbaux des différents comportements régulés. Ils ont ajouté une fonctionnalité afin de pouvoir coder aussi l'intentionnalité sociale de chaque comportement régulé, ceci pour pouvoir distinguer les trois niveaux de régulation : auto, partagée ou co-partagée. Ils ont aussi utilisé la 'Strategic Behaviour Observation Scale' (SBOS), instrument d'observation structuré utilisé pour évaluer le développement de l'autorégulation dans une tâche d'assemblage de cubes (Dermitzaki et al., 2009). Les résultats indiquent une augmentation quantitative des comportements de régulation avec l'âge. De plus, en ayant recours à ces outils complémentaires, ils ont également pu montrer que le monitoring, la planification et le monitoring émotionnel et motivationnel augmentent davantage que d'autres comportements de régulation, ce qui est concordant avec les résultats d'études antérieures (Roebbers et al., 2009). Ainsi, les capacités de régulation se développent initialement au sein d'un domaine spécifique, pour ensuite s'appliquer de manière plus générale. Il semble donc qu'une telle méthodologie plurielle soit nécessaire pour évaluer avec justesse les capacités autorégulatrices d'enfants jeunes.

3. Limites

Notre contribution expérimentale présente des limites, en plus de celles déjà évoquées dans les trois études. La principale prend sa source dans les outils utilisés pour rendre compte de l'apprentissage autorégulé chez de jeunes enfants. A l'instar des récentes études à la méthodologie innovante que nous avons citées dans le paragraphe précédent (Robson, 2016 ; Zachariou & Whitebread, 2019), il paraît envisageable d'étudier plus finement l'autorégulation à l'aide d'une grille d'observation des stratégies. Si l'on considère l'étude PUZADAPT, on peut concevoir une grille adaptée à la réalisation d'un puzzle en s'inspirant de la SBOS. Il s'agit d'un instrument d'observation structuré utilisé pour évaluer le développement de l'autorégulation dans une tâche d'assemblage de cubes. D'autres grilles de codage souvent utilisées comme le MetaSCOPE (Bryce & Whitebread 2012) ou la 'C.Ind.Le' (Whitebread et al., 2007, 2009) pourraient également être adaptées. Par ailleurs nous avons utilisé plusieurs questionnaires à destination des enseignants (CHILD, CHEXI), et cela a conduit parfois à des données manquantes car cela fait beaucoup à remplir pour des enseignants qui ont souvent des classes chargées. Il serait peut-être plus pertinent de ne se limiter qu'à un seul questionnaire. Nous avons montré que le CHEXI était davantage relié à plusieurs dimensions qui nous intéressaient et qu'il

se décline en plusieurs sous-échelles, offrant donc plusieurs possibilités d'exploitation. Ses liens avec la réussite scolaire ont par ailleurs déjà été soulignés (Thorell et al., 2013). Il pourrait ainsi être un bon compromis.

La seconde limite concerne la population étudiée. En effet, nous avons pour objectif de rendre compte de l'autorégulation des apprentissages à la période de la maternelle. Nous avons rencontré des enfants sur une tranche d'âge assez étendue (4 à 7 ans) mais nous n'avons pas observé d'enfants avant 4 ans. Pourtant, l'école maternelle commence à 2 ans et on sait que plusieurs changements apparaissent entre 3 et 4 ans (Bronson, 2000 ; Brownell & Kopp, 2010 ; Buss et al., 2018 ; Hendy & Whitebread, 2000 ; Hendry et al., 2011 ; Johansson et al., 2015 ; Perry, 2019 ; Thompson & Steinbeis, 2020), notamment concernant la flexibilité cognitive (Blakey et al., 2016 ; Maintenant & Blaye, 2008 ; Mennetrey & Angeard, 2018). Il pourrait donc être pertinent d'étendre les investigations sur une plus vaste tranche d'âge et avec un suivi longitudinal.

En prolongement, nous n'avons pas intégré dans notre échantillon les élèves à besoins éducatifs particuliers qui peuvent présenter de grandes difficultés sociales ou présenter certains troubles. Pourtant, on reconnaît actuellement l'influence potentielle que peuvent avoir certains facteurs environnementaux, sociodémographiques et culturels sur le développement des FE (Er-Rafiqi et al., 2017 ; Fournieret & Des Portes, 2017 ; Roy, 2015 ; Ursache et al., 2016 ; Diamond, 2013 ; Zelazo & Carlson, 2020). Il s'agit d'ailleurs d'un axe de recherche qui progresse ces dernières années. Par exemple, dans l'étude de Wiebe et al., (2011) auprès d'enfants de 3 ans, les analyses ont révélé un fonctionnement exécutif moins efficace chez les enfants à risque sociodémographique plus élevé que ceux à risque plus faible. De leur côté, Fujisawaa et al. (2016) rappellent qu'un certain nombre d'influences environnementales, telles que la parentalité, ont été suggérées comme des promoteurs importants du développement des FE. De plus, on reconnaît aussi que les habiletés impliquées dans l'autorégulation de l'apprentissage et dans les FE ont un rôle déterminant dans la réussite scolaire ultérieure (Ahmed et al., 2019 ; Blair & Diamond, 2008 ; Perry & Rahim, 2011) et que cela serait d'autant plus vrai pour les populations vulnérables (voir par exemple le 'Chicago School Readiness Project' de Raver et al., 2011 ; Blair & Raver, 2015). Il pourrait être intéressant d'évaluer les liens entre l'apprentissage autorégulé, les fonctions exécutives et la métacognition dans ces populations, afin d'approfondir nos connaissances sur les différences développementales. Ces investigations permettraient également d'envisager des remédiations comme des stratégies de compensation à enseigner à ces populations au cœur de l'école inclusive actuelle.

Enfin, nous nous sommes concentrés exclusivement sur les deux premières étapes de l'autorégulation des apprentissages : fixation du but et utilisation des stratégies. Nous n'en n'avons pas investigué la dernière étape : l'évaluation. Pourtant, cette étape est également déterminante pour mettre à jour et actualiser les connaissances métacognitives sur une tâche

(Winne, 2017). Il pourrait donc être intéressant de tester jusqu'au bout le processus et ses trois étapes, chez de jeunes enfants.

CONCLUSION

Ce travail de thèse a permis d'investiguer les liens entre l'autorégulation des apprentissages, le fonctionnement exécutif et la métacognition chez le jeune enfant. Aussi, nous avons montré que les enfants même jeunes peuvent faire preuve de capacités d'autorégulation si tant est que le contexte leur en offre l'opportunité ou que le chercheur regarde le bon indicateur (Jacob et al., 2019a et b ; Jeong & Frye, 2020 ; Zachariou & Whitebread, 2019). Nos résultats permettent aussi de contribuer à l'apport de preuves, encore rares, concernant l'existence de liens entre les FE et la métacognition (Bryce et al., 2015 ; Follmer & Sperling, 2016) dès la petite enfance (Marulis et al., 2020, Marulis & Nelson, 2020). La flexibilité et la métacognition seraient des précurseurs de l'autorégulation des apprentissages à 4 ans.

Les trois études que nous avons menées ont permis de déterminer plus finement quels sont les processus à l'œuvre dans le choix des buts et le transfert de stratégies, et quelles contraintes internes et externes de régulation peuvent agir dessus, éclairant ainsi les relations spécifiques entre trois concepts fondamentaux pour les apprentissages chez de jeunes enfants. Elles apportent des précisions sur la fixation et le choix des buts, étape cruciale de l'autorégulation, et ouvrent ainsi des pistes de réflexion pour les applications en classe. Ces études ont aussi permis d'identifier certaines particularités dans l'acquisition de stratégies et leur application efficace à d'autres tâches, pierre angulaire de l'apprentissage. La prévalence des t-UD à travers les tâches, les stratégies et les âges, et les preuves de l'impact des stratégies et de la flexibilité cognitive ouvrent de nouvelles voies de recherche sur le développement des stratégies, le transfert de l'apprentissage et le rôle des FE au cours du développement cognitif.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ahmed, S. F., Tang, S., Waters, N. E., & Davis-Kean, P. (2019). Executive function and academic achievement : Longitudinal relations from early childhood to adolescence. *Journal of Educational Psychology, 111*(3), 446. <https://doi.org/10.1037/edu0000296>
- Alario, F. X., & Ferrand, L. (1999). A set of 400 pictures standardized for French: Norms for name agreement, image agreement, familiarity, visual complexity, image variability, and age of acquisition. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers, 31* (3), 531- 552. <https://doi.org/10.3758/BF03200732>
- Anderson, P. J., & Reidy, N. (2012). Assessing executive function in preschoolers. *Neuropsychology review, 22*(4), 345-360. <https://doi.org/10.1007/s11065-012-9220-3>
- Aral, N., Gursoy, F., & Yasar, M. C. (2012). An Investigation of the Effect of Puzzle Design on Children's Development Areas. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 51*, 228-233. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.08.150>
- Artuso, C., Carretti, B., & Palladino, P. (2019). Short-term training on working memory updating and metacognition in primary school: The effect on reading comprehension. *School Psychology International, 40*(6), 641-657. <https://doi.org/10.1177/0143034319881671>
- Austin, J. T., & Vancouver, J. B. (1996). Goal constructs in psychology: Structure, process, and content. *Psychological bulletin, 120*(3), 338. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.120.3.338>
- Azevedo, R. (2009). Theoretical, conceptual, methodological, and instructional issues in research on metacognition and self-regulated learning: A discussion. *Metacognition and Learning, 4*(1), 87–95. <https://doi.org/10.1007/s11409-009-905-7>
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer : a new component of working memory ? *Trends in cognitive sciences, 4*(11), 417–423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. (2012). Working Memory : Theories, Models, and Controversies. *Annual Review of Psychology, 63*(1), 1-29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of Learning and Motivation, 8*, 47-89. Academic press. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Baillet, D., Dony, S. D., Houart, M. H., Poncin, C. P., Slosse, P., Noël, B., & Cartier, S. (2016). Les stratégies volitionnelles dans l'enseignement supérieur : se mettre au travail et s'y maintenir. In B. Noël, & S.C. Cartier (Eds.) *De la métacognition à l'apprentissage autorégulé, (pp.159-175)*. De Boeck Supérieur.
- Bandura, A. (2008). An agentic perspective on positive psychology. In S.J. Lopez (Ed.). *Positive psychology, Exploring the best in People, Volume 1, 2, 3 and 4*, (pp. 167-196). Praeger Publishers/Greenwood Publishing Group.
- Barr, R. (2010). Transfer of learning between 2D and 3D sources during infancy: Informing theory and practice. *Developmental Review, 30*(2), 128-154. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2010.03.001>
- Barrouillet, P., Bernardin, S., & Camos, V. (2004). Time constraints and resource sharing in adults' working memory spans. *Journal of Experimental Psychology: General, 133*(1), 83–100. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.1.83>
- Barrouillet, P., Mignon, M., & Thevenot, C. (2008). Strategies in subtraction problem solving in children. *Journal of Experimental Child Psychology, 99*(4), 233-251. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2007.12.001>
- Barrow, M. I., Jaques, R. L., Ponischil, K., Lengua, L. J., & Bunge, S. A. (2015). Improved cognitive flexibility after a structured play intervention with a high-risk sample of preschoolers. *Frontiers in Psychology*; from <http://www.frontiersin.org>
- Bautier, É., & Goigoux, R. (2004). Difficultés d'apprentissage, processus de secondarisation et pratiques enseignantes : une hypothèse relationnelle. *Revue française de pédagogie, 89*-100.
- Berger, J.-L. (2013). Motivation et métacognition : les buts de compétence prédisent les processus métacognitifs en résolution de problèmes mathématiques. *Psychologie Française, 58*(4), 297–318. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2013.07.002>
- Berger, J. L., & Büchel, F. (2012). Métacognition et croyances motivationnelles : un mariage de raison. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation, 179*, 95-128. <https://doi.org/10.4000/rfp.3705>

- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child development*, 81(6), 1641-1660. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x>
- Best, J. R., Miller, P. H., & Jones, L. L. (2009). Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Developmental Review*, 29(3), 180–200. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2009.05.002>
- Bierman, K. L., & Torres, M. (2016). Promoting the development of executive functions through early education and prevention programs. In J. A. Griffin, P. McCardle, & L. S. Freund (Eds.), *Executive function in preschool-age children: Integrating measurement, neurodevelopment, and translational research* (pp. 299–326). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/14797-014>
- Bjorklund, D. F., & Causey, K. B. (2017). Learning to think on their own : Executive Function, Strategies and Problem Solving in D.F. Bjorklund & K.B. Causey (Eds) *Children's thinking: Cognitive development and individual differences*. (pp. 246-299). Sage Publications.
- Bjorklund, D. F., Coyle, T. R., & Gaultney, J. F. (1992). Developmental differences in the acquisition and maintenance of an organizational strategy: Evidence for the utilization deficiency hypothesis. *Journal of Experimental Child Psychology*, 54, 434–448. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(92\)90029-6](https://doi.org/10.1016/0022-0965(92)90029-6)
- Bjorklund, D. F., Dukes, C., & Douglas-Brown, R. (2009). The Development of memory strategies. In M. L. Courage, & N. Cowan, (Eds.), *The Development of Memory in Infancy and Childhood* (pp.145-175). Hove: Psychology Press.
- Bjorklund, D. F., Miller, P. H., Coyle, T. R., & Slawinski, J. L. (1997). Instructing children to use memory strategies: Evidence of utilization deficiencies in memory training studies. *Developmental Review*, 17, 411-44. <https://doi.org/10.1006/drev.1997.0440>
- Bjorklund, D. F., Schneider, W., Cassel, W. S., & Ashley, E. (1994). Training and extension of a memory strategy: Evidence for utilization deficiencies in the acquisition of an organizational strategy in high- and low-IQ children. *Child Development*, 65(3), 951-965. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1994.tb00795.x>
- Blackwell, K. A., & Munakata, Y. (2014). Costs and benefits linked to developments in cognitive control. *Developmental science*, 17(2), 203-211. <https://doi.org/10.1111/desc.12113>
- Blair, C. (2016). Developmental science and executive function. *Current directions in psychological science*, 25(1), 3-7. <https://doi.org/10.1177/0963721415622634>
- Blair, C. (2002). School readiness: Integrating cognition and emotion in a neurobiological conceptualization of children's functioning at school entry. *American Psychologist*, 57(2), 111–127. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.57.2.111>
- Blair, C., & Diamond, A. (2008). Biological processes in prevention and intervention: The promotion of self-regulation as a means of preventing school failure. *Development and psychopathology*, 20(3), 899-911. <https://doi.org/10.1017/S0954579408000436>
- Blair, C., & Raver, C. C. (2015). School readiness and self-regulation: A developmental psychobiological approach. *Annual review of psychology*, 66, 711-731. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015221>
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78(2), 647e663
- Blair, C.; Ursache, A. (2011). A bidirectional model of executive functions and self-regulation. In: Vohs, KD.; Baumeister, RF., editors. *Handbook of self-regulation: Research, theory, and applications*. 2nd ed. (pp 300-320). Guilford
- Blakey, E., Visser, I., & Carroll, D. J. (2016). Different executive functions support different kinds of cognitive flexibility: Evidence from 2-, 3-, and 4-year-olds. *Child development*, 87(2), 513-526. <https://doi.org/10.1111/cdev.12468>
- Blaye, A. (2021) Développement de la flexibilité cognitive. In E. Clément (Ed), *La flexibilité cognitive: Pierre angulaire de l'apprentissage*, (pp. 27-58). ISTE Editions.
- Blaye, A., & Chevalier, N. (2011). The role of goal representation in preschoolers' flexibility and inhibition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108(3), 469–483. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.09.006>
- Blöte, A. W., Resing, W. C., Mazer, P., & Van Noort, D. A. (1999). Young children's organizational strategies on a same–different task: A microgenetic study and a training study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74(1), 21-43. <https://doi.org/10.1006/jecp.1999.2508>
- Boekaerts, M. (1995). Self-regulated learning: Bridging the gap between metacognitive and metamotivation theories. *Educational Psychologist*, 30(4), 195-200. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3004_4

- Boekaerts, M. (1997). Self-regulated learning: a new concept embraced by researchers, policy makers, educators, teachers, and students. *Learning and Instruction*, 7(2),161-186. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(96\)00015-1](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(96)00015-1)
- Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: where we are today. *International Journal of Educational Research*, 31, 445-457. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(99\)00014-2](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(99)00014-2)
- Boekaerts, M. (2002). Bringing about change in the classroom: Strengths and weaknesses of the self-regulated learning approach—EARLI Presidential Address, 2001. *Learning and instruction*, 12(6), 589-604. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00010-5](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00010-5)
- Boekaerts, M. (2007). Self-Regulation and Effort Investment. In E. Sigel & K.A. Renninger (Eds.), *Handbook of Child Psychology, Child Psychology in Practice* (pp. 345-377). John Wiley and Sons, Hoboken NJ. <https://doi.org/10.1002/9780470147658.chpsy0409>
- Boekaerts, M., & Cascallar, E. (2006). How Far Have We Moved Toward the Integration of Theory and Practice in Self-Regulation? *Educational Psychology Review*, 18(3), 199–210. <https://doi.org/10.1007/s10648-006-9013-4>
- Boekaerts, M., & Corno, L. (2005). Self-regulation in the classroom: A perspective on assessment and intervention. *Applied Psychology: An International Review*, 54(2),199–231. <https://doi.org/10.1111/j.1464-0597.2005.00205.x>
- Boekaerts, M., De Koning, E., & Vedder, P. (2006). Goal-directed behavior and contextual factors in the classroom: An innovative approach to the study of multiple goals. *Educational Psychologist*, 41(1), 33-51. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4101_5
- Boekaerts, M., Pintrich, P. R. & Zeidner, M. (2000). *Handbook of self-regulation*. Academic Press
- Bordes, L., Baldy, R., & Devichi, C. (2007). S'adapter à un changement de but imprévu : étude développementale. *Enfance*, 59(2), 175-188. <https://doi.org/10.3917/enf.592.0175>
- Boudreau, A. M., Dempsey, E. E., Smith, I. M., & Garon, N. (2018). A novel working memory task for preschoolers : sensitivity to age differences from 3-5 years. *Child Neuropsychology*, 24(6), 799-822. <https://doi.org/10.1080/09297049.2017.1333592>
- Braem, S., & Egner, T. (2018). Getting a grip on cognitive flexibility. *Current directions in psychological science*, 27(6), 470-476. <https://doi.org/10.1177/0963721418787475>
- Braver, T. S. (2012). The Variable Nature of Cognitive Control: A Dual Mechanisms Framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 16 (2). 106–13. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.12.010>
- Braver, T. S., Gray, J. R., & Burgess, G. C. (2007). Explaining the many varieties of working memory variation: Dual mechanisms of cognitive control. In A.R. Conway, C. Jarrold, M.J. Kane, A. Miyake, & J.N. Towse (Eds.) *Variation in Working Memory*, (pp 76–106). Oxford Univ Press, Oxford.
- Braver, T. S., Paxton, J. L., Locke, H. S., & Barch, D. M. (2009). Flexible neural mechanisms of cognitive control within human prefrontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(18), 7351-7356. https://doi.org/10.1073_pnas.0808187106
- Brinck, I., & Liljenfors, R. (2013). The developmental origin of metacognition. *Infant and Child Development*, 22(1), 85-101. <https://doi.org/10.1002/icd.1749>
- Bronson, M. B. (2000). *Self-regulation in early childhood*. The Guilford.
- Brown, A. L. (1987). « Metacognition, executive control, self-regulation and other more mysterious mechanisms », dans D.H. Jonassen (Ed.), *Handbook of Research for educational communications and technology*, (pp.46-73). Macmillan Library Reference USA,
- Brown, A. L. (1989). Analogical learning and transfer: What develops? In S. Vosniadou, & A. Ortony, (Eds.), *Similarity and Analogical Reasoning* (pp. 369-412). Cambridge University Press.
- Brown, A. L., Kane, M. J., & Echols, C. H. (1986). Young children's mental models determine analogical transfer across problems with a common goal structure. *Cognitive Development*, 1, 103-121. [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(86\)80014-4](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(86)80014-4)
- Brownell, C. A., & Kopp, C. B. (Eds.). (2010). *Socioemotional development in the toddler years: Transitions and transformations*. Guilford Press.
- Bryce, D., & Whitebread, D. (2012). The development of metacognitive skills: Evidence from observational analysis of young children's behavior during problem-solving. *Metacognition and Learning*, 7(3), 197-217. <https://doi.org/10.1007/s11409-012-9091-2>
- Bryce, D., Whitebread, D., & Szűcs, D. (2015). The relationships among executive functions, metacognitive skills and educational achievement in 5 and 7 year-old children. *Metacognition and Learning*, 10(2), 181–198. <https://doi.org/10.1007/s11409-014-9120-4>

- Brydges, C.R., Anderson, M., Reid, C. L., & Fox, A.M. (2013) Maturation of Cognitive Control : Delineating Response Inhibition and Interference Suppression. *PLoS ONE*, 8(7) : e69826. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069826>
- Brydges, C. R., Fox, A. M., Reid, C. L., & Anderson, M. (2014). The differentiation of executive functions in middle and late childhood: A longitudinal latent-variable analysis. *Intelligence*, 47, 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2014.08.010>
- Büchel, F. P. (2013). L'intervention psychopédagogique auprès des enfants ayant des difficultés d'apprentissage. Un modèle métacognitif et d'autorégulation. In J.-L. Berger & F. P. Büchel (Eds.), *L'autorégulation de l'apprentissage : Perspectives théoriques et applications* (p. 71–105). Les Editions Ovidia.
- Buss, A. T., Ross-Sheehy, S., & Reynolds, G. D. (2018). Visual working memory in early development : a developmental cognitive neuroscience perspective. *Journal of neurophysiology*, 120(4), 1472-1483. <https://doi.org/10.1152/jn.00087.2018>
- Butler, D. L., & Winne, P. H. (1995). Feedback and self-regulated learning: A theoretical synthesis. *Review of educational research*, 65(3), 245-281. <https://doi.org/10.3102/00346543065003245>
- Buttelmann, F., & Karbach, J. (2017). Development and plasticity of cognitive flexibility in early and middle childhood. *Frontiers in psychology*, 8, article 1040. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01040>
- Camerota, M., Willoughby, M. T., Kuhn, L. J., & Blair, C. B. (2018). The Childhood Executive Functioning Inventory (CHEXI): Factor structure, measurement invariance, and correlates in US preschoolers. *Child Neuropsychology*, 24(3), 322-337. <https://doi.org/10.1080/09297049.2016.1247795>
- Camerota, M., Willoughby, M. T., & Blair, C. B. (2020). Measurement models for studying child executive functioning : Questioning the status quo. *Developmental psychology*. 56, 12, 2236–2245. <https://doi.org/10.1037/dev0001127>
- Camos, V., & Barrouillet, P. (2014). Le développement de la mémoire de travail : perspectives dans le cadre du modèle de partage temporel des ressources. *Psychologie Française*, 59(1), 21–39. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2012.12.003>
- Cardelle-Elawar, M. (1995). Effects on metacognitive instruction on low achievers in mathematics problems. *Teaching and Teacher Education*, 11, 81-95. [https://doi.org/10.1016/0742-051X\(94\)00019-3](https://doi.org/10.1016/0742-051X(94)00019-3)
- Carlson, S. M. (2005). Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. *Developmental neuropsychology*, 28(2), 595-616. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2802_3
- Carlson, S. M., Moses, L. J., & Claxton, L. J. (2004). Individual differences in executive functioning and theory of mind: An investigation of inhibitory control and planning ability. *Journal of experimental child psychology*, 87(4), 299-319. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2004.01.002>
- Carlson, S. M., Zelazo, P. D., & Faja, S. (2013). Executive function. In P. D. Zelazo (Ed.), *Oxford library of psychology. The Oxford handbook of developmental psychology (Vol. 1): Body and mind* (pp. 706–743). Oxford University Press.
- Carlson, S. M., Claxton, L. J., & Moses, L. J. (2015). The relation between executive function and theory of mind is more than skin deep. *Journal of Cognition and Development*, 16, 186–197. <https://doi.org/10.1080/15248372.2013.824883>
- Carré, P. & Fenouillet, F. (2009). *Traité de psychologie de la motivation*. Dunod.
- Cartier, S. C., & Mottiez-Lopez, L. M. (2017). *Soutien à l'apprentissage autorégulé en contexte scolaire : Perspectives francophones*. PUQ.
- Cartier, S.C. & Butler D.L. (2016). Comprendre et évaluer l'apprentissage autorégulé dans les activités complexes. In, B. Noël & S. Cartier (Eds.) *De la métacognition à l'apprentissage autorégulé*, (pp 41-54). De Boeck.
- Carver, C. S., & Scheier, M. F. (2000a). On the structure of behavioral self-regulation. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 41–84). CA: Academic.
- Carver, C. S., & Scheier, M. F. (2000b). Autonomy and self-regulation. *Psychological Inquiry*, 11(4), 284-291.
- Carver, C. S., & Scheier, M. F. (2002). Control processes and self-organization as complementary principles underlying behavior. *Personality and social psychology review*, 6(4), 304-315. https://doi.org/10.1207/S15327957PSPR0604_05
- Catale, C., Lejeune, C., Merbah, S., & Meulemans, T. (2013). French adaptation of the Childhood Executive Functioning Inventory (CHEXI): Confirmatory factor analysis in a sample of young French-speaking Belgian children. *European Journal of Psychological Assessment*, 29(2), 149-155. <https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000141>

- Chang, H., Rosenberg-Lee, M., Qin, S., & Menon, V. (2019). Faster learners transfer their knowledge better: Behavioral, mnemonic, and neural mechanisms of individual differences in children's learning. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 40, 100719. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2019.100719>
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development*, 70(5), 1098-1120. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00081>
- Chanquoy, L., Tricot, A., & Sweller, J. (2007). *La charge cognitive : Théorie et applications*. Armand Colin.
- Chevalier, N. (2010). Les fonctions exécutives chez l'enfant : Concepts et développement. *Canadian Psychology/Psychologie Canadienne*, 51(3), 149-163. <https://doi.org/10.1037/a0020031>
- Chevalier, N. (2015). Executive function development: Making sense of the environment to behave adaptively. *Current Directions in Psychological Science*, 24(5), 363-368. <https://doi.org/10.1177/0963721415593724>
- Chevalier, N., & Blaye, A. (2006). Le développement de la flexibilité cognitive chez l'enfant préscolaire : enjeux théoriques. *L'Année Psychologique*, 106(04), 569. <https://doi.org/10.4074/S0003503306004040>
- Chevalier, N., & Blaye, A. (2009). Setting goals to switch between tasks: Effect of cue transparency on children's cognitive flexibility. *Developmental Psychology*, 45(3), 782-797. <https://doi.org/10.1037/a0015409>
- Chevalier, N., & Blaye, A. (2016). Metacognitive monitoring of executive control engagement during childhood. *Child development*, 87(4), 1264-1276. <https://doi.org/10.1111/cdev.12537>
- Chevalier, N., Blaye, A., & Maintenant, C. (2014). La représentation du but dans le contrôle exécutif chez l'enfant. *Psychologie Française*, 59(1), 5-20. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2013.09.002>
- Chevalier, N., Dauvier, B., & Blaye, A. (2009). Preschoolers' use of feedback for flexible behavior: Insights from a computational model. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(3), 251-267. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.03.002>
- Chevalier, N., Huber, K. L., Wiebe, S. A., & Espy, K. A. (2013). Qualitative change in executive control during childhood and adulthood. *Cognition*, 128(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2013.02.012>
- Chevalier, N., Wiebe, S. A., Huber, K. L., & Espy, K. A. (2011). Switch detection in preschoolers' cognitive flexibility. *Journal of Experimental Child Psychology*, 109(3), 353-370. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.01.006>
- Chevalier, N., Dauvier, B., & Blaye, A. (2017). From prioritizing objects to prioritizing cues: a developmental shift for cognitive control. *Developmental science*, 21(2), e12534. <https://doi.org/10.1111/desc.12534>
- Chiew, K. S., & Braver, T. S. (2017). Context processing and cognitive control: From gating models to dual mechanisms. In T. Egner (Ed.), *The Wiley Handbook of Cognitive Control, First Edition* (pp 143-166). John Wiley & Sons.
- Cleary, T. J., Callan, G. L., & Zimmerman, B. J. (2012). Assessing Self-Regulation as a Cyclical, Context-Specific Phenomenon: Overview and Analysis of SRL Microanalytic Protocols. *Education Research International*, 2012, 1-19. <https://doi.org/10.1155/2012/428639>
- Clément, E. (2001). Etude des différences de flexibilité mentale dans l'activité de résolution de problèmes. In A. Flieller, C. Bocéréan, J-L Kop, E. Thébaut, A-M. Toniolo, J. Tournois, *Questions de psychologie différentielle*, (pp 317-322). Presses Universitaires de Rennes.
- Clément, E. (2006). Approche de la flexibilité cognitive dans la problématique de la résolution de problème. *L'année Psychologique*, 106, 415-434.
- Clément, E. (2021). *La flexibilité cognitive : Pierre angulaire de l'apprentissage*, ISTE Editions.
- Clerc, J. (2013). Les déficiences d'utilisation stratégique chez l'enfant à la lumière de l'autorégulation : étape développementale ou caractéristique différentielle ? *L'Année Psychologique*, 113(2), 287-318. <https://doi.org/10.4074/S0003503313002078>
- Clerc, J., & Brasselet, C. (2017). Enseigner la psychologie et la recherche par l'apprentissage par problème : effets sur les besoins psychologiques des étudiants. *Pratiques Psychologiques*, 23(3), 243-253. <https://doi.org/10.1016/j.prps.2017.04.002>
- Clerc, J., & Clément, E. (2016). Metacognition and cognitive flexibility in transfer of learning. In J. Benson (Ed.), *Metacognition: Theory, Performance and current Research* (pp. 17-42). Nova Science Publishers.
- Clerc, J., & Josseron, L. (2021). Transfert d'apprentissage et flexibilité dans l'enfance. In E. Clément (Ed), *La flexibilité cognitive : Pierre angulaire de l'apprentissage*, (pp. 147-176). ISTE Editions.

- Clerc, J., & Miller, P. H. (2013). Utilization Deficiencies and Transfer of Strategies in Preschoolers. *Cognitive Development*, 28(1), 76-93. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2012.09.003>
- Clerc, J., Miller, P. H., & Cosnefroy, L. (2014). Young children's transfer of strategies: Utilization deficiencies, executive function, and metacognition. *Developmental Review*, 34(4), 378-393. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2014.10.002>
- Clerc, J., **Leclercq, M.**, Paik, J., & Miller, P., H., (2021). Cognitive flexibility and strategy training allow young children to overcome transfer-Utilization Deficiencies. *Cognitive Development*, 57, 100997. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2020.100997>
- Clerc, J., Rémy, L., & **Leclercq, M.** (2017). Quand le transfert d'une stratégie cognitive devient efficace : une étude longitudinale entre 4 et 5 ans. *Enfance*, (2), 217-237. <https://doi.org/10.4074/S001375451700204X>
- Coffman, J. L., Ornstein, P. A., McCall, L. E., & Curran, P. J. (2008). Linking teachers' memory relevant language and the development of children's memory skills. *Developmental Psychology*, 44(6), 1640-1654. <https://doi.org/10.1037/a0013859>
- Colognesi, S., & Van Nieuwenhoven, C. (2016). La métacognition comme tremplin pour l'apprentissage de l'écriture. In B. Noël & S. Cartier (Eds.) *De la métacognition à l'apprentissage autorégulé*, (pp 111-126). De Boeck.
- Cook, S. W., Duffy, R. G., & Fenn, K. M. (2013). Consolidation and transfer of learning after observing hand gesture. *Child Development*, 84, 1863-1871. <https://doi.org/10.1111/cdev.12097>
- Cordier, F., & Pestel, J. (1986). Le puzzle : étude expérimentale d'un jeu à embarrasser. *Enfance*, 39(4), 445-451. <https://doi.org/10.3406/enfan.1986.2935>
- Corno, L. (2000). Special Double Issue on Conceptions of Volition: Theoretical Investigations and Studies of Practice. *International Journal of Educational Research*, 33, 659-663.
- Corno, L. (2001). Volitional aspects of self-regulated learning. In B. J. Zimmerman, & D. H. Schunk (Eds.) *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives, 2nd Ed*, (pp 191-225). Routledge.
- Cosnefroy, L. (2009). Les théories reposant sur le concept de but. In P. Carré & F. Fenouillet (Eds.). *Traité de psychologie de la motivation* (pp. 89-105). Dunod.
- Cosnefroy, L. (2010). Se mettre au travail et y rester : les tourments de l'autorégulation. *Revue Française de Pédagogie*, (1), 5-15. <https://doi.org/10.4000/rfp.1388>
- Cosnefroy, L. (2011). *L'apprentissage autorégulé : entre cognition et motivation*. PUG.
- Cosnefroy, L., & Jézégou, A. (2013). Les processus d'autorégulation collective et individuelle au cours d'un apprentissage par projet. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 29 (2). <https://doi.org/10.4000/ripes.744>
- Coyle, T. R., & Bjorklund, D. F. (1996). The development of strategic memory: A modified microgenetic assessment of utilization deficiencies. *Cognitive Development*, 11(2), 295-314. [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(96\)90006-4](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(96)90006-4)
- Coyle, T. R., & Bjorklund, D. F. (1997). Age differences in, and consequences of, multiple- and variable-strategy use on a multitrial sort-recall task. *Developmental Psychology*, 33(2), 372-380. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.33.2.372>
- Cragg, L., & Chevalier, N. (2012). The processes underlying flexibility in childhood. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 65(2), 209-232. <https://doi.org/10.1080/17470210903204618>
- Cycowicz, Y. M., Friedman, D., Rothstein, M., & Snodgrass, J. G. (1997). Picture naming by young children: Norms for name agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of experimental child psychology*, 65(2), 171-237. <https://doi.org/10.1006/jecp.1996.2356>
- Deák, G. O. (2003). The development of cognitive flexibility and language abilities. In R. Kail (Ed.), *Advances in child development and behavior* (pp. 271-327). CA: Academic.
- Deák, G. O., & Wiseheart, M. (2015). Cognitive flexibility in young children: General or task-specific capacity? *Journal of Experimental Child Psychology*, 138, 31-53. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.04.003>
- De Bruin, A. B., & van Merriënboer, J. J. (2017). Bridging cognitive load and self-regulated learning research: A complementary approach to contemporary issues in educational research. *Learning and Instruction*, 51, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.06.001>
- De Corte, E., Verschaffel, L., & Van De Ven, A. (2001). Improving text comprehension strategies in upper primary school children: A design experiment. *British Journal of Educational Psychology*, 71(4), 531-559. <https://doi.org/10.1348/000709901158668>

- DeLoache, J. S., Sugarman, S., & Brown, A. L. (1985). The development of error correction strategies in young children's manipulative play. *Child Development*, 928-939. <https://doi.org/10.2307/1130105>
- De la Fuente Arias, J., & Lozano Diaz, A. (2010). Assessing self-regulated learning in early childhood education: Difficulties, needs, and prospects. *Psicothema*, 22(2), 278-283. From <https://reunido.uniovi.es/index.php/PST/article/view/8902>
- DeMarie-Dreblow, D., & Miller, P. H. (1988). The development of children's strategies for selective attention: evidence for a transitional period. *Child Development*, 59, 1504-1513. <https://doi.org/10.2307/1130665>
- DeMarie, D., Miller, P. H., Ferron, J., & Cunningham, W. R. (2004). Path analysis tests of theoretical models of children's memory performance. *Journal of Cognition and Development*, 5(4), 461-492. https://doi.org/10.1207/s15327647jcd0504_4
- Depover, C., Mélot, L., Strebelle, A., & Temperman, G. (2016). Régulation et autorégulation dans les dispositifs d'apprentissage à distance. In B. Noël, & S.C. Cartier (Eds.) *De la métacognition à l'apprentissage autorégulé*, (pp. 95-110). De Boeck Supérieur.
- Dermitzaki, I., Leondari, A., & Goudas, M. (2009). Relations between young students' strategic behaviours, domain-specific self-concept, and performance in a problem-solving situation. *Learning and Instruction*, 19(2), 144–157. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.03.002>
- De Simoni, C., & Von Bastian, C. C. (2018). Working memory updating and binding training: Bayesian evidence supporting the absence of transfer. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147(6), 829–858. <https://doi.org/10.1037/xge0000453>
- Destan, N., Hembacher, E., Ghetti, S., & Roebers, C. M. (2014). Early metacognitive abilities: The interplay of monitoring and control processes in 5-to 7-year-old children. *Journal of experimental child psychology*, 126, 213-228. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.04.001>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Diamond, A. (2016). Why improving and assessing executive functions early in life is critical. In J. A. Griffin, P. McCardle & L. S. Freund (dir.), *Executive function in preschool-age children: Integrating measurement, neurodevelopment, and translational research* (p. 11-43). DC: American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/14797-002>
- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science (New York, NY)*, 318(5855), 1387–1388. <https://doi.org/10.1126/science.1151148>
- Diamond, A., Carlson, S.M., & Beck, D.M. (2005). Preschool children's performance in task switching on the dimensional change card sort task: Separating the dimensions aids the ability to switch. *Developmental Neuropsychology*, 28, 689–729. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2802_7
- Diamond, A., Kirkham, N.Z., & Amso, D. (2002). Conditions under which young children can hold two rules in mind and inhibit a prepotent response. *Developmental Psychology*, 38(3), 352–362. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.38.3.352>
- Diamond, A. & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333(6045), 959-964. <https://doi.org/10.1126/science.1204529>
- Diamond, A., & Wright, A. (2014). An effect of inhibitory load in children while keeping working memory load constant. *Frontiers in psychology*, 5, 213.36-44. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00213>
- Diaz, R.M., Neal, C.J. & Amaya-Williams, M. (1990). The social origins of self-regulation. In L.C. Moll (Ed.), *Vygotsky and education : instructional implications and applications of sociohistorical psychology* (pp. 127-153). Cambridge University Press.
- Dinsmore, D. L., Alexander, P. A., & Loughlin, S. M. (2008). Focusing the Conceptual Lens on Metacognition, Self-regulation, and Self-Regulated Learning. *Educational Psychology Review*, 20(4), 391–409. <https://doi.org/10.1007/s10648-008-9083-6>
- Doebel, S. & Zelazo, P. D. (2015). A meta-analysis of the Dimensional Change Card Sort: Implications for developmental theories and the measurement of executive function in children. *Developmental Review*, 38, 241–268. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2015.09.001>
- Doebel, S., Barker, J. E., Chevalier, N., Michaelson, L. E., Fisher, A. V., & Munakata, Y. (2017). Getting ready to use control: Advances in the measurement of young children's use of proactive control. *PLoS One*, 12(4), 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175072>.
- Doebel, S., Dickerson, J. P., Hoover, J. D., & Munakata, Y. (2018). Using language to get ready: Familiar labels help children engage proactive control. *Journal of Experimental Child Psychology*, 166, 147–159. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2017.08.006>.

- Doherty, M. J., Wimmer, M. C., Gollek, C., Stone, C., & Robinson, E. J. (2020). Piecing together the puzzle of pictorial representation: How jigsaw puzzles index metacognitive development. *Child Development*. <https://doi.org/10.1111/cdev.13391>
- Doly, A.-M. (2006). La métacognition : de sa définition par la psychologie à sa mise en oeuvre à l'école. *Apprendre et Comprendre. Place et Rôle de La Métacognition Dans L'aide Spécialisée.*, 84–124.
- Dörr, L., & Perels, F. (2019). Improving young children's self-regulated learning using a combination of direct and indirect interventions. *Early Child Development and Care*, 1-13. <https://doi.org/10.1080/03004430.2019.1595608>
- DuPuis, D., Ram, N., Willner, C. J., Karalunas, S., Segalowitz, S. J., & Gatzke-Kopp, L. M. (2015). Implications of ongoing neural development for the measurement of the error-related negativity in childhood. *Developmental Science*, 18, 452–468. <https://doi.org/10.1111/desc.12229>
- Duval, S., Bouchard, C., Pagé, P., & Hamel, C. (2016). Quality of classroom interactions in kindergarten and executive functions among five year-old children. *Cogent Education*, 3(1), 1207909.
- Duval, S., Bouchard, C., & Pagé, P. (2017). Le développement des fonctions exécutives chez les enfants. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, (37), 121-137. <https://doi.org/10.4000/dse.1948>
- Duval, S., Montminy, N., & Gaudette-Leblanc, A. (2018). Perspectives théoriques à l'égard des fonctions exécutives en contexte éducatif chez les enfants d'âge préscolaire. *Neuroéducation*, 5(2), 93-108. <https://doi.org/10.24046/neuroed.20180502.93>
- Ebersbach, M., & Hagedorn, H. (2011). The role of cognitive flexibility in the spatial representation of children's drawings. *Journal of Cognition and Development*, 12(1), 32-55. <https://doi.org/10.1080/15248372.2011.539526>
- Eichenbaum, H. (1997). Declarative memory: Insights from cognitive neurobiology. *Annual Review of Psychology*, 48(1), 547-572. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.48.1.547>
- Effeney, G., Carroll, A., & Bahr, N. (2013). Self-regulated learning and executive function: exploring the relationships in a sample of adolescent males. *Educational Psychology*, 33(7), 773–796. <https://doi.org/10.1080/01443410.2013.785054>
- Efklides, A. (2001). Metacognitive experiences in problem solving. In *Trends and prospects in motivation research* (pp. 297-323). Springer, Dordrecht.
- Efklides, A. (2006). Metacognition and affect: What can metacognitive experiences tell us about the learning process? *Educational Research Review*, 1(1), 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2005.11.001>
- Efklides, A. (2008). Metacognition: Defining its facets and levels of functioning in relation to self-regulation and co-regulation. *European Psychologist*, 13(4), 277-287.
- Efklides, A. (2011). Interactions of Metacognition with Motivation and Affect in Self-Regulated Learning: The MASRL Model. *Educational Psychologist*, 46(1), 6–25. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.538645>
- Efklides, A. (2014). How does metacognition contribute to the regulation of learning? An integrative approach. *Psihologijске Teme*, 23(1), 1–30.
- Ellis, A. K., Denton, D. W., & Bond, J. B. (2014). An Analysis of Research on Metacognitive Teaching Strategies. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 4015-4024. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.883>
- Elsner, B., & Schellhas, B. (2012). The acquisition of flexible tool use in preschoolers: The impact of prior experience. *Zeitschrift für Psychologie*, 220(1), 44–49. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000090>
- Er-Rafiqi, M., Roukoz, C., Le Gall, D. & Roy, A. (2017). Les fonctions exécutives chez l'enfant : développement, influences culturelles et perspectives cliniques. *Revue de neuropsychologie*, 9(1), 27-34. <https://doi.org/10.1684/nrp.2017.0405>
- Eslinger P. J., & Grattan L. M. (1993). Frontal lobe and frontal – striatal substrates for different forms of human cognitive flexibility. *Neuropsychologia*, 31, 17-28.
- Espy, K. A., & Cwik, M. F. (2004). The Development of a Trial Making Test in Young Children: The TRAILS-P. *The Clinical Neuropsychologist*, 18(3), 411-422. <https://doi.org/10.1080/138540409052416>
- Famose, J. P., & Margnes, E. (2016). *Apprendre à apprendre : la compétence clé pour s'affirmer et réussir à l'école*. De Boeck supérieur.
- Fenouillet, F. (2012). *Les théories de la motivation*. Dunod.
- Fitamen, C., Blaye, A., & Camos, V. (2019). The role of goal cueing in kindergarteners' working memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 187, 104666. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2019.104666>
- Flavell, J. H. (1971). First discussant's comments: What is memory development the development of?. *Human development*, 14(4), 272-278.

- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. *The nature of intelligence*. In L. B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence* (pp. 231-235). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American psychologist*, *34*(10), 906–911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Flavell, J. H. (1999). Cognitive development: Children's knowledge about the mind. *Annual review of psychology*, *50*(1), 21-45.
- Fletcher, K. L., & Bray, N. W. (1996). External memory strategy use in preschool children. *Merrill-Palmer Quarterly*, *42*(3), 379-396.
- Fletcher, K. L., & Bray, N. W. (1997). Instructional and contextual effects on external memory strategy use in young children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *67*(2), 204-222. <https://doi.org/10.1006/jecp.1997.2403>
- Focant, J. (2003). Impact des capacités d'autorégulation en résolution de problèmes chez les enfants de 10 ans. *Éducation et francophonie*, *31*(2), 45-64.
- Focant, J. (2007). La mesure des processus d'autorégulation : quelles méthodes ? quels enjeux ? In N. Nader-Grosbois, (Ed.), *Régulation, autorégulation, dysrégulation* (pp. 31-42). Mardaga « Pratiques psychologiques ».
- Focant, J., & Grégoire, J. (2008). Les stratégies d'autorégulation cognitive : une aide à la résolution de problèmes arithmétiques, In M. Crahay (Ed.), *Enseignement et apprentissage des mathématiques : Que disent les recherches psychopédagogiques* (pp. 201-221). De Boeck Supérieur. <https://doi.org/10.3917/dbu.craha.2008.01.0201>
- Follmer, D. J., & Sperling, R. A. (2016). The mediating role of metacognition in the relationship between executive function and self-regulated learning. *British Journal of Educational Psychology*, *86*(4), 559-575.
- Fourneret, P., & des Portes, V. (2017). Approche développementale des fonctions exécutives : du bébé à l'adolescence. *Archives de Pédiatrie*, *24*(1), 66-72. <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2016.10.003>
- Frenkel, S. (2014). Composantes métacognitives ; définitions et outils d'évaluation. *Enfance*, *2014*(04), 427–457. <https://doi.org/10.4074/S0013754514004029>
- Frye, D., Zelazo, P. D., & Palfai, T. (1995). Theory of mind and rule-based reasoning. *Cognitive Development*, *10*, 483-527. [https://doi.org/10.1016/0885-2014\(95\)90024-1](https://doi.org/10.1016/0885-2014(95)90024-1)
- Fuhs, M. W., & Day, J. D. (2011). Verbal ability and executive functioning development in preschoolers at head start. *Developmental psychology*, *47*(2), 404–416. <https://doi.org/10.1037/a0021065>
- Fuhs, M. W., Farran, D. C., & Nesbitt, K. T. (2013). Preschool classroom processes as predictors of children's cognitive self-regulation skills development. *School Psychology Quarterly: The Official Journal of the Division of School Psychology, American Psychological Association*, *28*(4), 347-359. <https://doi.org/10.1037/spq0000031>
- Fujisawa, K. K., Todo, N., & Ando, J. (2016). Genetic and environmental influences on the development and stability of executive functions in children of preschool age: A longitudinal study of Japanese twins. *Infant and Child Development*, *26*(3), e1994. <https://doi.org/10.1002/icd.1994>
- Fujisawa, K. K., Todo, N., & Ando, J. (2019). Changes in genetic and environmental influences on cognitive ability, executive function, and preacademic skills in Japanese preschool age twins. *Developmental psychology*, *55*(1), 38-52. <https://doi.org/10.1037/dev0000627>
- Galotti, K. M. (2005). Setting goals and making plans: How children and adolescents frame their decisions. In J.E. Jacobs, & P.A. Klaczynski, (Eds). *The development of judgment and decision making in children and adolescents*, (pp.303-326). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Garcia, A. C. (2013). Explorers, Detectives, Matchmakers, and Lion Tamers: Understanding Jigsaw Puzzlers' Techniques and Motivations. *American Journal of Play*, *5*(3), 308-332.
- Garner, J. K. (2009). Conceptualizing the relations between executive functions and self-regulated learning. *The Journal of Psychology*, *143*(4), 405–426.
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, *134*(1), 31-60. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.1.31>
- Garon, N., Smith, I. M., & Bryson, S. E. (2014). A novel executive function battery for preschoolers: Sensitivity to age differences. *Child Neuropsychology*, *20*(6), 713-736. <https://doi.org/10.1080/09297049.2013.857650>
- Gascoine, L., Higgins, S., & Wall, K. (2017). Context and Implications Document for: The assessment of metacognition in children aged 4–16 years: a systematic review. *Review of Education*, *5*(1), 58-59.

- Geurten, M., Catale, C., & Meulemans, T. (2016). Involvement of executive functions in children's metamemory. *Applied Cognitive Psychology, 30*(1), 70-80. <https://doi.org/10.1002/acp.3168>
- Goigoux, R., Cèbe, S., & Paour, J. L. (2004). Favoriser le développement de compétences phonologiques pour tous les élèves en grande section de maternelle. *Repères. Recherches en didactique du français langue maternelle, 28*(1), 71-92.
- Gonthier, C., Zira, M., Colé, P., & Blaye, A. (2019). Evidencing the developmental shift from reactive to proactive control in early childhood and its relationship to working memory. *Journal of experimental child psychology, 177*, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.07.001>
- Gorges, J., & Göke, T. (2015). How do I know what I can do? Anticipating expectancy of success regarding novel academic tasks. *British Journal of Educational Psychology, 85*(1), 75-90.
- Grangeat, M. (1997). La métacognition, une clé pour des apprentissages scolaires réussis. *La métacognition, une aide au travail des élèves*, 53-172.
- Grau, V., & Whitebread, D. (2012). Self and social regulation of learning during collaborative activities in the classroom: The interplay of individual and group cognition. *Learning and Instruction, 22*(6), 401-412. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.03.003>
- Guimard, P., Hubert, B., Crusson-Pondeville, S., & Nocus, I. (2012). Autorégulation comportementale et apprentissages scolaires à l'école maternelle. *Psychologie Française, 57*(3), 143-159. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2012.07.001>
- Hadji, C. (2012). *Faut-il avoir peur de l'évaluation?*. De Boeck.
- Hadwin, A., & Oshige, M. (2011). Socially shared regulation: Exploring perspectives of social in self-regulated learning theory. *Teachers College Record, 113*(2), 240-264.
- Hanania, R., & Smith, L. B. (2010). Selective attention and attention switching: Towards a unified developmental approach. *Developmental Science, 13*(4), 622-635. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00921.x>
- Hanin, V., & Van Nieuwenhoven, C. (2018). Évaluation d'un dispositif d'enseignement-apprentissage en résolution de problèmes mathématiques : Évolution des comportements cognitifs, métacognitifs, motivationnels et émotionnels d'un résolveur novice et expert. *Évaluer. Journal international de recherche en éducation et formation, 4*(1), 37-66.
- Hanin, V., & Van Nieuwenhoven, C. (2019). Rôle des régulations interactives entre pairs dans le développement d'une expertise adaptative en résolution de problèmes : une étude de cas. *Évaluer. Journal international de Recherche en Éducation et formation, 5*(1), 87-111.
- Hasselhorn, M. (1992). Task dependency and the role of category typicality and metamemory in the development of an organizational strategy. *Child Development, 63*(1), 202-214. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1992.tb03607.x>
- Hendry, A., Jones, E. J., & Charman, T. (2016). Executive function in the first three years of life: Precursors, predictors and patterns. *Developmental Review, 42*, 1-33. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2016.06.005>
- Hendy, L., & Whitebread, D. (2000). Interpretations of Independent Learning in the Early Years. *International Journal of Early Years Education, 8*(3), 243-252.
- Henry, L., Messer, D. J., Luger-Klein, S., & Crane, L. (2012). Phonological, visual and semantic coding strategies in short-term picture memory span: How do they develop? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 65*(10), 2033-2053. <https://doi.org/10.1080/17470218.2012.672997>
- Hitch, G. J., Woodin, M. E., & Baker, S. (1989). Visual and phonological components of working memory in children. *Memory & Cognition, 17* (2), 175-185. <https://doi.org/10.3758/BF03197067>
- Hodzik, S., & Lemaire, P. (2011). Inhibition and shifting capacities mediate adults' age-related differences in strategy selection and repertoire. *Acta psychologica, 137*(3), 335-344. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2011.04.002>
- Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. (Eds.). (2002). *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Psychology Press.
- Houart, M. (2017). L'apprentissage autorégulé : quand la métacognition orchestre motivation, volition et cognition. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur, 33*(33 (2)).
- Houdé, O., & Borst, G. (2014). Measuring inhibitory control in children and adults : brain imaging and mental chronometry. *Frontiers in psychology, 5*, 616.
- Howard, S. J., & Vasseleu, E. (2020). Self-Regulation and Executive Function Longitudinally Predict Advanced Learning in Preschool. *Frontiers in psychology, 11*, article 49. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00049>

- Jacob, L., Dörrenbächer, S., & Perels, F. (2019a): The influence of interindividual differences in precursor abilities for self-regulated learning in preschoolers, *Early Child Development and Care*, <https://doi.org/10.1080/03004430.2019.1705799>
- Jacob, L., Dörrenbächer, S., & Perels, F. (2019b). A Pilot study of the Online Assessment of Self-Regulated Learning in Preschool Children. *International Electronic Journal of Elementary Education*, *12*(2), 115-126. <https://doi.org/10.1080/03004430.2019.1705799>
- Jeong, J., & Frye, D. (2020). Self-regulated learning: Is understanding learning a first step?. *Early Childhood Research Quarterly*, *50*, 17-27.
- Johansson, M., Marciszko, C., Brocki, K., & Bohlin, G. (2015). Individual differences in early executive functions: A longitudinal study from 12 to 36 months. *Infant and Child Development*, *25*(6), 533-549. <https://doi.org/10.1002/icd.1952>
- Johnston, K., Murray, K., Spain, D., Walker, I., & Russell, A. (2019). Executive function: Cognition and behaviour in adults with autism spectrum disorders (ASD). *Journal of autism and developmental disorders*, *49*(10), 4181-4192. <https://doi.org/10.1007/s10803-019-04133-7>
- Karmiloff-Smith, A. (1990). Constraints on representational change: Evidence from children's drawing. *Cognition*, *34*(1), 57-83.
- Kim, H. S., Shin, N. Y., Jang, J. H., Kim, E., Shim, G., Park, H. Y., Hong, K.S., & Kwon, J. S. (2011). Social cognition and neurocognition as predictors of conversion to psychosis in individuals at ultra-high risk. *Schizophrenia research*, *130*(1-3), 170-175. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2011.04.023>
- Kloo, D., & Perner, J. (2003). Training transfer between card sorting and false belief understanding: Helping children apply conflicting descriptions. *Child development*, *74*(6), 1823-1839. <https://doi.org/10.1046/j.1467-8624.2003.00640.x>
- Kloo, D., & Perner, J. (2005). Disentangling dimensions in the dimensional change card-sorting task. *Developmental Science*, *8*(1), 44-56. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2005.00392.x>
- Kloo, D., Perner, J., Aichhorn, M., & Schmidhuber, N. (2010). Perspective taking and cognitive flexibility in the Dimensional Change Card Sorting (DCCS) task. *Cognitive Development*, *25*(3), 208-217. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2010.06.001>
- Knapp, K., & Morton, J. B. (2017). Executive functioning: A developmental cognitive neuroscience perspective. In M. Hoskyn, G. Iarocci, & A. R. Young (Eds.), *Executive functions in children's everyday lives: A handbook for professionals in applied psychology*, (pp. 9-20). Oxford University Press.
- Konstantopoulos, K., Vogazianos, P., Thodi, C., & Nikopoulou-Smyrni, P. (2014). A normative study of the Children's Color Trails Test (CCTT) in the Cypriot population. *Child Neuropsychology*, *21*(6), 751-758. <https://doi.org/10.1080/09297049.2014.924491>
- Kray, J., Eber, J., & Karbach, J. (2008). Verbal self-instructions in task switching: a compensatory tool for action-control deficits in childhood and old age ?. *Developmental science*, *11*(2), 223-236.
- Kubota, M., Hadley, L. V., Schaeffner, S., Könen, T., Meaney, J. A., Auyeung, B., Morey, C. C., Karbach, J., & Chevalier, N. (2020). Consistent use of proactive control and relation with academic achievement in childhood. *Cognition*, *203*, 104329. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2020.104329>
- Lafortune, L., Deaudelin, C., & Deslandes, R. (2001). Formation à l'accompagnement dans une optique réflexive et métacognitive. *La formation continue : de la réflexion à l'action*, 45-71
- Lafortune, L., Jacob, S., & Hébert, D. (2000). *Pour guider la métacognition* (Vol. 1). PUQ.
- Lafortune, L., & Turcotte, S. (2008). Accompagnement-Recherche-Formation pour la mise en oeuvre du Programme de formation de l'école québécoise. <http://www.uqtr.ca/accompagnement-recherche>
- Lange, G., & Pierce, S. H. (1992). Memory-strategy learning and maintenance in preschool children. *Developmental Psychology*, *28*(3), 453-462. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.28.3.453>
- Larkin, S. (2010). *Metacognition in young children*. Routledge.
- Leclercq, M.**, & Clerc, J. (2018). Bouc émissaire et apprentissages autorégulés : quand l'élève doit choisir entre apprendre et aller bien. In R. Casanova et F-M. Noguès (Eds.), *Bouc-émissaire : le concept en contextes* (pp. 229-237). Presses Universitaires du Septentrion.
- Lee, K., Bull, R. et Ho, R. M. H. (2013). Developmental changes in executive functioning. *Child Development*, *84*(6), 1933-1953. <https://doi.org/10.1111/cdev.12096>
- Legare, C. H., Mills, C. M., Souza, A. L., Plummer, L. E., & Yasskin, R. (2013). The use of questions as problem-solving strategies during early childhood. *Journal of experimental child psychology*, *114*(1), 63-76.

- Linares, R., Bajo, M.T., & Pelegrina, S. (2016). Age-related differences in working memory updating components. *Journal of Experimental Child Psychology*, 147, 39-52. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.02.009>
- Linares, R., Borella, E., Lechuga, M.T., Carretti, B., & Pelegrina, S. (2019). Nearest transfer effects of working memory training : A comparison of two programs focused on working memory updating. *PLoS ONE* 14(2) : e0211321. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211321>
- Llorente, A.M., Williams, J., Satz, P., D'Elia, L., (1998). *Children's Color Trails Test (CCTT)*. Western Psychological Services, Los Angeles.
- Llorente, A. M., Williams, J., Satz, P., & D'Elia, L. F. (2003). *Children's Color Trails Test professional manual*. Lutz, FL: Psychological Assessment resources
- Llorente, A. M., Voigt, R. G., Williams, J., Frailey, J. K., Satz, P., & D'Elia, L. F. (2009). Children's Color Trails Test 1 & 2: Test-retest reliability and factorial validity. *The Clinical Neuropsychologist*, 23, 645–660. <https://doi.org/10.1080/13854040802427795>
- Lemaire, P. (2010). Variations stratégiques et vieillissement. *Revue de neuropsychologie*, 2(2), 124-132.
- Lemaire, P., & Reder, L. (1999). What affects strategy selection in arithmetic? The example of parity and five effects on product verification. *Memory & Cognition*, 27(2), 364-382.
- Lemaire, P., & Siegler, R. S. (1995). Four aspects of strategic change: Contributions to children's learning of multiplication. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124(1), 83–97. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.124.1.83>
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L. & Colé, P. (2004). MANULEX: A grade-level lexical database from French elementary school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36 (1), 156-166. <https://doi.org/10.3758/BF03195560>
- Levine, S. C., Ratliff, K. R., Huttenlocher, J., & Cannon, J. (2012). Early puzzle play: A predictor of preschoolers' spatial transformation skill. *Developmental Psychology*, 48(2), 530–542. <https://doi.org/10.1037/a0025913>
- Lipowski, S. L., Merriman, W. E., & Dunlosky, J. (2013). Preschoolers can make highly accurate judgments of learning. *Developmental Psychology*, 49(8), 1505–1516. <https://doi.org/10.1037/a0030614>
- Locke, E. A. & Latham, G. P. (1990). *A theory of goal setting and task performance*. Prentice Hall.
- Locke, E. A., & Latham, G. P. (2006). New directions in goal-setting theory. *Current directions in Psychological Science*, 15(5), 265-268. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2006.00449.x>
- Locke, E. A., & Latham, G. P. (2019). The development of goal setting theory: A half century retrospective. *Motivation Science*, 5(2), 93-105 . <https://doi.org/10.1037/mot0000127>
- Locke, E. A., & Latham, G. P. (2020). Building a theory by induction: The example of goal setting theory. *Organizational Psychology Review*, 2041386620921931. <https://doi.org/10.1177/2041386620921931>
- Louca-Papaleontiou, E., Melhuish, E., & Philaretou, A. (2012). Introspective abilities in preschool children. *Asian Transactions on Basic and Applied Sciences*, 2(2), 14-30.
- Louca Papaleontiou, E. P. (2019). Do children know what they know? Metacognitive awareness in preschool children. *New Ideas in Psychology*, 54, 56-62. <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2019.01.005>
- Lubin, A., Lanoë, C., Pineau, A., & Rossi, S. (2012). Apprendre à inhiber : une pédagogie innovante au service des apprentissages scolaires fondamentaux (mathématiques et orthographe) chez des élèves de 6 à 11 ans. *Neuroeducation*, 1(1), 55-84.
- Lubin, A., Vidal, J., Lanoë, C., Houdé, O., & Borst, G. (2013). Inhibitory control is needed for the resolution of arithmetic word problems : A developmental negative priming study. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 701. <https://doi.org/10.1037/a0032625>
- Lucenet, J., & Blaye, A. (2014). Age-related changes in the temporal dynamics of executive control: a study in 5- and 6-year-old children. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00831>
- Lucenet, J., & Blaye, A. (2019). What do I do next? The influence of two self-cueing strategies on children's engagement of proactive control. *Cognitive Development*, 50, 167-176. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2019.05.001>
- Luxembourger, C., Mengue-Topio, H., Clerc, J. (2014). Training for transfer in children and adolescents with intellectual disabilities. In Chen, R (Ed.), *Cognitive Development: Theories, Stages & Processes and Challenges*. (pp. 229–254). Nova Science Publishers, Inc.
- Maintenant, C., & Blaye, A. (2008). Développement de la flexibilité catégorielle de 3 à 8 ans : rôle des aspects conceptuels. *L'Année Psychologique*, 108, 659-698.

- Maintenant, C., & Pennequin, V. (2016). Développement de la flexibilité catégorielle: rôles respectifs de la conceptualisation de relations et des forces d'association. *L'Année Psychologique*, *116*(1), 21-44.
- Maintenant, C., Nanty, I., & Pivry, S. (2020). Flexibilité catégorielle chez des enfants scolarisés en ULIS : les effets d'un étayage métacognitif. *Pratiques Psychologiques*. <https://doi.org/10.1016/j.prps.2020.09.004>
- Marcovitch, S., Boseovski, J. J., & Knapp, R. J. (2007). Use it or lose it: Examining preschoolers? Difficulty in maintaining and executing a goal. *Developmental Science*, *10*(5), 559–564. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00611.x>.
- Marcovitch, S., Boseovski, J. J., Knapp, R. J., & Kane, M. J. (2010). Goal neglect and working memory capacity in 4-to 6-year-old children. *Child Development*, *81*(6), 1687-1695. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01503.x>
- Martin, D., Doudin, P.-A., & Albanese, O. (2001). Vers une psychopédagogie métacognitive. In Doudin, P.-A., Martin, D. Albanese, O. (Eds.), *Métacognition et éducation: Aspects transversaux et disciplinaires* (pp. 3–29). Peter Lang.
- Marulis, L. M., Palincsar, A. S., Berhenke, A. L., & Whitebread, D. (2016). Assessing metacognitive knowledge in 3–5 year olds: the development of a metacognitive knowledge interview (McKI). *Metacognition and learning*, *11*(3), 339-368. <https://doi.org/10.1007/s11409-016-9157-7>
- Marulis, L. M., Baker, S. T., & Whitebread, D. (2020). Integrating metacognition and executive function to enhance young children's perception of and agency in their learning. *Early Childhood Research Quarterly*, *50*(2), 46-54. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.12.017>
- Marulis, L. M., & Nelson, L. J. (2020). Metacognitive processes and associations to executive function and motivation during a problem-solving task in 3–5 year olds. *Metacognition and Learning*, *16*(1), 207-231. <https://doi.org/10.1007/s11409-020-09244-6>
- McClelland, M. M., Geldhof, J., Cameron, C. E., & Wanless, S. B. (2015). Development and self-regulation. In R. M. Lerner (Ed.), *Handbook of child psychology and developmental science 7th Edition*, (pp 1-43). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118963418.childpsy114>
- McClelland, M., Geldhof, J., Morrison, F., Gestsdóttir, S., Cameron, C., Bowers, E., Duckworth, A. Little, T., & Grammer, J. (2018). Self-regulation. In N. Halfon, C.B. Forrest, R.M. Lerner, & E.M. Faustman, (Eds.). *Handbook of life course health development*. (pp. 275-298). Springer Nature.
- McCoy, D. C. (2019). Measuring young children's executive function and self-regulation in classrooms and other real-world settings. *Clinical child and family psychology review*, *22*(1), 63-74. <https://doi.org/10.1007/s10567-019-00285-1>
- Mennetrey, C., & Angeard, N. (2018). Cognitive flexibility training in three-year-old children. *Cognitive Development*, *48*, 125-134. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2018.08.004>
- Metallidou, P., & Efklides, A. (2001). The effects of general success-related beliefs and specific metacognitive experiences on causal attributions. In A. Efklides, J. Kuhl, & R.M. Sorrentino, (Eds.). *Trends and prospects in motivation research* (pp. 325-347). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/0-306-47676-2_17
- Miller, P. H. (1990). The development of strategies of selective attention. In Bjorklund, D. F. (Ed.), *Children's Strategies: contemporary Views of cognitive Development*, (pp. 157–184). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Miller, P. H., Woody-Ramsey, J., & Aloise, P. A. (1991). The role of strategy effortfulness in strategy effectiveness. *Developmental Psychology*, *27*, 738–745. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.27.5.738>
- Miller, P. H., & Seier, W. L. (1994). Strategy utilization deficiencies in children: When, where, and why. In H. W. Reese (Ed.), *Advances in child development and behavior*, Vol. 25 (p. 107–156). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2407\(08\)60051-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2407(08)60051-8)
- Miller, P. H., Seier, W. L., Barron, K. L., & Probert, J. S. (1994). What causes a memory strategy utilization deficiency? *Cognitive Development*, *9*, 77–101.
- Miller, P. H., & Aloise-Young, P. A. (1995). Preschoolers' strategic behavior and performance on a same-different task. *Journal of Experimental Child Psychology*, *60*, 284–303.
- Miller, M. R., Giesbrecht, G. F., Müller, U., McInerney, R. J. et Kerns, K. A. (2012). A latent variable approach to determining the structure of executive function in preschool children. *Journal of Cognition and Development*, *13*(3), 395-423. <https://doi.org/10.1080/15248372.2011.585478>
- Mimeau C. (2015). La théorie des vagues qui se chevauchent de Siegler appliquée au développement du langage. *Intellectica. Revue de l'Association pour la Recherche Cognitive*, *63*, 163-177. <https://doi.org/10.3406/intel.2015.1030>

- Minier, L., Blaye, A., Maugard, A., Fagot, J., Glady, Y., & Thibaut, J.-P. (2014). Rôle du contrôle exécutif dans le raisonnement par analogie chez l'enfant et le primate non humain. *Psychologie Française*, 59(1), 71–87. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2013.08.001>
- Mischel, W., Ebbesen, E. B., & Raskoff Zeiss, A. (1972). Cognitive and attentional mechanisms in delay of gratification. *Journal of personality and social psychology*, 21(2), 204–218. <https://doi.org/10.1037/h0032198>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(1), 8–14. <https://doi.org/10.1177/0963721411429458>
- Molfese, V. J., Molfese, P. J., Molfese, D. L., Rudasill, K. M., Armstrong, N., & Starkey, G. (2010). Executive function skills of 6–8 year olds: Brain and behavioral evidence and implications for school achievement. *Contemporary educational psychology*, 35(2), 116-125.
- Monette, S., & Bigras, M., (2008). La mesure des fonctions exécutives chez les enfants d'âge préscolaire. *Canadian Psychology*, 49, 4, 323–341.
- Monette, S., & Bigras, M., (2015). *Batterie d'évaluation des fonctions exécutives pour enfant d'âge préscolaire - version 4.0*. Document non publié.
- Monette, S., Bigras, M., & Lafrenière, M.-A. (2015). Structure of executive functions in typically developing kindergarteners. *Journal of Experimental Child Psychology*, 140, 120-139. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.07.005>
- Montroy, J. J., Bowles, R. P., Skibbe, L. E., McClelland, M. M., & Morrison, F. J. (2016). The development of self-regulation across early childhood. *Developmental psychology*, 52(11), 1744–1762
- Morra, S. (2008). Spatial structures in children's drawing: How do they develop. *Drawing and the non-verbal mind*, 159-194.
- Moreno, A. J., Shwayder, I. & Friedman, I. D. (2017). The function of executive function: Everyday manifestations of regulated thinking in preschool settings. *Early Childhood Education Journal*, 45(2), 143-153. <https://doi.org/10.1007/s10643-016-0777-y>
- Moriguchi, Y., Zelazo, P. D., & Chevalier, N., (Eds.) (2016). *Development of Executive Function during Childhood*. Lausanne: Frontiers Media. <https://doi.org/10.3389/978-2-88919-800-9>
- Morton, J. B., & Munakata, Y. (2002). Active versus latent representations: A neural network model of perseveration, dissociation, and decalage. *Developmental Psychobiology: The Journal of the International Society for Developmental Psychobiology*, 40(3), 255-265. <https://doi.org/10.1002/dev.10033>
- Moses, L. J., & Carlson, S. M. (2004). Self-regulation and children's theories of mind. In C. Lightfoot, M. Chandler, C. Lalonde (Eds.), *Changing conceptions of psychological life* (pp. 139-158). Psychology Press.
- Mottier Lopez, L. (2016). La microculture de classe : un cadre d'analyse et d'interprétation de la régulation située des apprentissages des élèves. In : B. Noël & C. Cartier (Eds). *De la métacognition à l'apprentissage autorégulé* (pp 67-78). Broché De Boeck supérieur Collection : Perspectives en Education & Formation Broché.
- Munakata, Y., Snyder, H. R., & Chatham, C. H. (2012). Developing cognitive control: Three key transitions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(2), 71–77. <https://doi.org/10.1177/0963721412436807>.
- Musso, M. F., Boekaerts, M., Segers, M., & Cascallar, E. C. (2019). Individual differences in basic cognitive processes and self-regulated learning: their interaction effects on math performance. *Learning and individual Differences*, 71, 58-70. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2019.03.003>
- Nader-Grosbois, N. (2007). *Régulation, autorégulation, dysrégulation : Pistes pour l'intervention et la recherche*. Editions Mardaga.
- Noël, B. & Cartier, C. (2016). *De la métacognition à l'apprentissage autorégulé*. Broché De Boeck supérieur Collection : Perspectives en Education & Formation Broché.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action. In: R.J Davidson., G.E Schwartz., & D.Shapiro (Eds.) *Consciousness and Self-Regulation* (pp. 1-18). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0629-1_1.

- Oeri, N., Voelke, A. E., & Roebers, C. M. (2018). Inhibition and behavioral self-regulation : An inextricably linked couple in preschool years. *Cognitive development*, 47, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2018.01.004>
- Ornstein, P. A., Medlin, R. G., Stone, B. P., & Naus, M. J. (1985). Retrieving for rehearsal: An analysis of active rehearsal in children's memory. *Developmental Psychology*, 21(4), <https://doi.org/10.1037/0012-1649.21.4.633>
- Pallascio, R., Benny, M., & Patry, J. (2001). Pensée critique et pensée métacognitive. In P.A. Doudin, D. Martin & O. Albanese (Eds.). *Métacognition et éducation : aspects transversaux et disciplinaires* (pp. 1-20). Peter Lang.
- Panadero, E. (2017). A review of self-regulated learning: Six models and four directions for research. *Frontiers in psychology*, 8, article 422. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00422>
- Paris, S. G., & Newman, R. S. (1990). Development aspects of self-regulated learning. *Educational psychologist*, 25(1), 87-102.
- Paris, S. G., Newman, R. S., & Mcvey, K. A. (1982). Learning the functional significance of mnemonic actions: A microgenetic study of strategy acquisition. *Journal of experimental child psychology*, 34(3), 490-509.
- Pauen, S., & Bechtel-Kuehne, S. (2016). How toddlers acquire and transfer tool knowledge: Developmental changes and the role of executive functions. *Child Development*, 87(4), 1233-1249. <https://doi.org/10.1111/cdev.12532>
- Pelgrims, G., & Cèbe, S. (2013). Aspects motivationnels et cognitifs des difficultés d'apprentissage : le rôle des pratiques d'enseignement. In : M. Crahay & M. Dutrévis (Eds.), *Psychologie des apprentissages scolaires* (pp. 112-134). De Boeck.
- Pelegriana, S., Molina, R., Rodríguez-Martínez, E. I., Linares, R., & Gómez, C. M. (2020). Age-related changes in selection, recognition, updating and maintenance information in WM. An ERP study in children and adolescents. *Biological Psychology*, 157, 1 07-977. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2020.107977>
- Pennequin, V. (2021). Métacognition et flexibilité : quels liens théoriques et quels liens observés ? In E. Clément (Ed), *La flexibilité cognitive : Pierre angulaire de l'apprentissage*, (pp. 59-80). ISTE Editions.
- Pennequin, V., Sorel, O., Nanty, I., & Fontaine, R. (2011). Métacognition et déficience intellectuelle chez l'enfant et l'adolescent : effet d'un entraînement sur la résolution de problèmes. *Enfance*, (2), 225-244.
- Perels, F., Merget-Kullmann, M., Wende, M., Schmitz, B., & Buchbinder, C. (2009). Improving self-regulated learning of preschool children : Evaluation of training for kindergarten teachers. *British Journal of Educational Psychology*, 79(2), 311-327. <https://doi.org/10.1348/000709908X322875>
- Perri, R. L. (2020). Is there a proactive and a reactive mechanism of inhibition ? Towards an executive account of the attentional inhibitory control model. *Behavioural brain research*, 377, 112243. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2019.112243>
- Perry, N. E. (2019). Recognizing early childhood as a critical time for developing and supporting self-regulation. *Metacognition and Learning*, 14(3), 327-334.
- Perry, N. E., & Rahim, A. (2011). Studying self-regulated learning in classrooms. In B. J. Zimmerman, & D. H. Schunk (Eds.), *Handbook of self-regulation of learning and performance* (pp. 122–136). Taylor & Francis.
- Perry, N. E., & VandeKamp, K. J. O. (2000). Creating classroom contexts that support young children's development of self-regulated learning. *International Journal of Educational Research*, 33(7–8), 821–843.
- Perry, N. E., VandeKamp, K. O., Mercer, L. K., & Nordby, C. J. (2002). Investigating teacher–student interactions that foster self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 37(1), 5–15.
- Perry, N. E., & Winne, P. H. (2006). Learning from learning kits: gStudy traces of students' self-regulated engagements with computerized content. *Educational Psychology Review*, 18(3), 211–228.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1980). *La psychologie de l'enfant*. Presses universitaires de France, collection « Que sais-je ».
- Picard, D., & Vinter, A. (2005). Activités de dessin et flexibilité représentationnelle. *Enfance*, 57(1), 24-33.
- Pintrich, P. R. (2000). Multiple goals, multiple pathways: The role of goal orientation in learning and achievement. *Journal of educational psychology*, 92(3), 544.

- Pintrich, P. R. (2004). A conceptual framework for assessing motivation and self regulated learning in college students. *Educational Psychology Review*, 16,385–407.
- Pintrich, P.R. & de Groot, E.V. (1990). Motivational and Self-Regulated Learning Components of Classroom Academic Performance. *Journal of Educational Psychology*, 82 (1),33-40.
- Pintrich, P. R., & Zeidner, M. (2000). *Handbook of self-regulation*. Elsevier Science & Technology.
- Pino-Pasternak, D., Basilio, M., & Whitebread, D. (2014). Interventions and classroom contexts that promote self-regulated learning : Two intervention studies in United Kingdom primary classrooms. *Psykhé*, 23(2), 1-13. <https://doi.org/10.7764/psykhe.23.2.739>
- Poncin, C., Baillet, D., Houart, M., Lanotte, A. F., & Slosse, P. (2017). Les stratégies volitionnelles dans la réalisation autonome de tâches : Synthèse, exercices et mémorisation de la recherche au soutien spécifique. In S. Cartier & L. Mottiez-Lopez, *Soutien à l'apprentissage autorégulé en contexte scolaire : Perspectives francophones* (pp. 85-11). Presses de l'université du Québec.
- Ponitz, C. E., McClelland, M. M., Jewkes, A. M., Connor, C. M., Farris, C. L., & Morrison, F. J. (2008). Touch your toes ! Developing a direct measure of behavioral regulation in early childhood. *Early Childhood Research Quarterly*, 23(2), 141-158. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2007.01004>
- Ponitz, C. E., McClelland, M. M., Mathiews, J. S., & Morrison, F. (2009). A structured observation of behavioral self-regulation and its contribution to kindergarten outcomes. *Developmental Psychology*, 45(3), 605-619. <https://doi.org/10.1037/a0015365>
- Portelance, L., & Ouellet, G. (2004). Vers l'énoncé d'interventions susceptibles de favoriser l'émergence de la métacognition chez l'enfant du préscolaire. *Revue de l'Université de Moncton*, 35(2), 67-99.
- Poumay, M., Jamin, V., & Georges, F. (2019). Rendre compte de sa compétence dans un portfolio : mieux comprendre les besoins des étudiants pour mieux les accompagner. *e-JIREF*, 5(1), 25-46.
- Pressley, M. & Harris, K. R. (2009). Cognitive strategies instruction: From basic research to classroom instruction. *Journal of Education*, 189(1/2), 77-94.
- Raven, J. C. (1977). *Standard Progressive Matrices. Manuel PM47-C*. Editions Scientifiques et Psychologiques.
- Raven, J. (2000). The Raven's progressive matrices: change and stability over culture and time. *Cognitive psychology*, 41(1), 1-48.
- Raven, J., Raven, J.C., & Court, J.H. (2003). *Manual for Raven's Progressive Matrices and Vocabulary Scales. Section 1: General Overview*. Harcourt Assessment.
- Raver, C. C., Jones, S. M., Li-Grining, C., Zhai, F., Bub, K., & Pressler, E. (2011). CSRP's impact on low-income preschoolers' preacademic skills: self-regulation as a mediating mechanism. *Child development*, 82(1), 362-378.
- Reitan, R. M. (1971). Trail Making Test results for normal and brain-damaged children. *Perceptual and Motor Skills*, 33, 575–581. <https://doi.org/10.2466/pms.1971.33.2.575>
- Reitan, R. (2004). The Trail Making Test as an initial screening procedure for neuropsychological impairment in older children. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19(2), 281–288. [https://doi.org/10.1016/S0887-6177\(03\)00042-8](https://doi.org/10.1016/S0887-6177(03)00042-8)
- Reznick, J. S., Morrow, J. D., Goldman, B. D., & Snyder, J. (2004). The onset of working memory in infants. *Infancy*, 6(1), 145-154.
- Robins, A. (1996). Transfer in cognition. *Connection Science*, 8(2), 185-204. <https://doi.org/10.1080/095400996116875>
- Robson, S. (2010). Self-Regulation and Metacognition in Young Children's Self-Initiated Play and Reflective Dialogue. *International Journal of Early Years Education*, 18(3), 227-241.
- Robson, S. (2016). Self-regulation and metacognition in young children: Does it matter if adults are present or not ?. *British Educational Research Journal*, 42(2), 185-206.
- Roebbers, C. M. (2014). Children's deliberate memory development: The contribution of strategies and metacognitive processes. In P. Bauer & R. Fivush (Eds.), *The Wiley handbook on the development of children's memory* (pp. 865–894). Blackwell Wiley.
- Roebbers, C. M. (2017). Executive function and metacognition: Towards a unifying framework of cognitive self-regulation. *Developmental Review*, 45, 31-51. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2017.04.001>
- Roebbers, C. M., Cimeli, P., Röthlisberger, M., & Neuenschwander, R. (2012). Executive functioning, metacognition, and self-perceived competence in elementary school children: An explorative study on their interrelations and their role for school achievement. *Metacognition and Learning*, 7, 151–173.

- Roebbers, C. M., & Feurer, E. (2016). Linking executive functions and procedural metacognition. *Child Development Perspectives*, 10(1), 39-44. <https://doi.org/10.1111/cdep.12159>
- Roebbers, C. M., Mayer, B., Steiner, M., Bayard, N. S., & van Loon, M. H. (2019). The role of children's metacognitive experiences for cue utilization and monitoring accuracy: A longitudinal study. *Developmental Psychology*, 55(10), 2077-2089. <https://doi.org/10.1037/dev0000776>
- Roebbers, C. M., Schmid, C., & Roderer, T. (2009). Metacognitive monitoring and control processes involved in primary school children's test performance. *The British Journal of Educational Psychology*, 79, 749–767. <https://doi.org/10.1348/978185409x429842>
- Roebbers, C. M., & Spiess, M. (2017). The development of metacognitive monitoring and control in second graders: A short-term longitudinal study. *Journal of Cognition and Development*, 18, 110–128.
- Roenker, D. L., Thompson, C. P., & Brown, S. C. (1971). Comparison of measures for the estimation of clustering in free recall. *Psychological Bulletin*, 76, 45–48. <https://doi.org/10.1037/h0031355>
- Romainville, M. (1993). *Savoir parler de ses méthodes : métacognition et performance à l'université*. De Boeck.
- Romainville, M. (2007) Conscience, métacognition, apprentissage : le cas des compétences méthodologiques. In : F. Pons, & P. A. Doudin, *La conscience chez l'enfant et chez l'élève* (pp 108-130). Presses de l'Université du Québec.
- Ropovik, I. (2014). Do executive functions predict the ability to learn problem-solving principles? *Intelligence*, 44, 64–74. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2014.03.002>
- Rossi, S., Lubin, A., Lanoë, C., & Pineau, A. (2012). Une pédagogie du contrôle cognitif pour l'amélioration de l'attention à la consigne chez l'enfant de 4-5 ans. *Neuroéducation*, 1, 29–54.
- Roux-Baron, I., Cèbe, S., & Goigoux, R. (2017). Évaluation des premiers effets d'un enseignement fondé sur l'outil didactique Narramus à l'école maternelle. *Revue française de pédagogie*, (4), 83-104.
- Roy, A. (2015). Les fonctions exécutives chez l'enfant : des considérations développementales et cliniques à la réalité scolaire. *Développements*, 7, 13–40.
- Roy, A., Le Gall, D., Roulin, J.-L., & Fournet, N. (2012). Les fonctions exécutives chez l'enfant : approche épistémologique et sémiologie clinique. *Revue de Neuropsychologie*, 4(4), 287–297.
- Scharff, L., Draeger, J., Verpoorten, D., Devlin, M., Dvorakova, L. S., Lodge, J. M., & Smith, S. V. (2017). Exploring metacognition as a support for learning transfer. *Teaching and Learning Inquiry*, 5(1). <https://doi.org/10.20343/5.1.6>
- Schlagmüller, M., & Schneider, W. (2002). The development of organizational strategies in children: Evidence from a microgenetic longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 81(3), 298–319. <https://doi.org/10.1006/jecp.2002.2655>
- Schleepen, T. M. J., & Jonkman, L. M. (2014). A longitudinal study of semantic grouping strategy use in 6–11-year-old children: Investigating developmental phases, the role of working memory, and strategy transfer. *The Journal of Genetic Psychology*, 175(6), 451–471. <https://doi.org/10.101080/00221325.2014.958126>
- Schmitt, S. A., Korucu, I., Napoli, A. R., Bryant, L. M., & Purpura, D. J. (2018). Using block play to enhance preschool children's mathematics and executive functioning: A randomized controlled trial. *Early Childhood Research Quarterly*, 44, 181-191. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.04.006>
- Schneider, W., Kron, V., Hünnerkopf, M., & Krajewski, K. (2004). The development of young children's memory strategies: First findings from the Würzburg Longitudinal Memory Study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88(2), 193-209. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2004.02.004>
- Schneider, W., Kron-Sperl, V., & Hünnerkopf, M. (2009). The development of young children's memory strategies: Evidence from the Würzburg Longitudinal Memory Study. *European Journal of Developmental Psychology*, 6(1), 70–99. <https://doi.org/10.1080/17405620701336802>
- Schneider, W., & Ornstein, P. A. (2019). Determinants of memory development in childhood and adolescence. *International Journal of Psychology*, 54(3), 307-315. <https://doi.org/10.1002/ijop.12503>
- Schubert, T., Strobach, T., & Karbach, J. (2014). New directions in cognitive training: on methods, transfer, and application. *Psychological Research*, 78:749–755 <https://doi.org/10.1007/s00426-014-0619-8>
- Schunk, D. H. (1990). Goal setting and self-efficacy during self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 25(1), 71–86.
- Schunk, D. H. (1994). Self-regulation of self-efficacy and attributions in academic settings. In D. H. Schunk & B. J. Zimmerman (Eds.), *Self-regulation of learning and performance: Issues and educational applications* (p. 75–99). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

- Schuster, C., Stebner, F., Leutner, D., & Wirth, J. (2020). Transfer of metacognitive skills in self-regulated learning: an experimental training study. *Metacognition and Learning*, 15(3), 455-477. <https://doi.org/10.1007/s11409-020-09237-5>
- Schwartz, D. L., Chase, C. C., & Bransford, J. D. (2012). Resisting overzealous transfer: Coordinating previously successful routines with needs for new learning. *Educational Psychologist*, 47(3), 204-214.
- Schwenck, C., Bjorklund, D. F., & Schneider, W. (2007). Factors influencing the incidence of utilization deficiencies and other patterns of recall/strategy-use relations in a strategic memory task. *Child Development*, 78(6), 1771–1787. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01090.x>
- Schwenck, C., Bjorklund, D. F., & Schneider, W. (2009). Developmental and individual differences in young children's use and maintenance of a selective memory strategy *Developmental Psychology*, 45(4), 1034–1050. <https://doi.org/10.1037/a0015597>
- Scionti, N., Cavallero, M., Zogmaister, C., & Marzocchi, G. M. (2020). Is cognitive training effective for improving executive functions in preschoolers? A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 10, 2812. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02812>
- Seufert, T. (2018). The interplay between self-regulation in learning and cognitive load. *Educational Research Review*, 24, 116-129. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.03.004>
- Shamir, A., Mevarech, Z. R., & Gida, C. (2009). The Assessment of Meta-Cognition in Different Contexts: Individualized vs. Peer Assisted Learning. *Metacognition and Learning*, 4(1), 47-61. <https://doi.org/10.1007/s11409-008-9032-2>
- Siegler, R. S. (1990). How content knowledge, strategies, and individual differences interact to produce strategy choices. In W. Schneider, & F. E. Weinert (Eds.). *Interactions among aptitudes, strategies, and knowledge in cognitive performance* (pp. 73-89). Springer, New York, NY.
- Siegler, R. S. (1995). How does change occur: A microgenetic study of number conservation. *Cognitive Psychology*, 28, 225-273. <https://doi.org/10.1006/cogp.1995.1006>
- Siegler, R. S. (2000). The rebirth of children's learning. *Child development*, 71(1), 26-35.
- Siegler, R. S. (2007). Cognitive variability. *Developmental Science*, 10(1), 104-109. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2007.00571.x>
- Siegler, R.S. & Jenkins, E.A. (1989). *How Children Discover New Strategies*. Hillsdale, NJ., Lawrence Erlbaum Associates.
- Siegler, R. S., & Svetina, M. (2002). A microgenetic/cross-sectional study of matrix completion: Comparing short-term and long-term change. *Child development*, 73(3), 793-809.
- Simons, C., Metzger, S. R., & Sonnenschein, S. (2020). Children's metacognitive knowledge of five key learning processes. *Translational Issues in Psychological Science*, 6(1), 32-42. <https://doi.org/10.1037/tps0000219>
- Simpson, A., & Carroll, D. J. (2018). Young children can overcome their weak inhibitory control, if they conceptualize a task in the right way. *Cognition*, 170, 270-279. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.10.008>
- Simpson, A., & Carroll, D. J. (2019). Understanding early inhibitory development : distinguishing two ways that children use inhibitory control. *Child development*, 90(5), 1459-1473. <https://doi.org/10.1111/cdev.13283>
- Simpson, A., & Riggs, K. J. (2007). Under what conditions do young children have difficulty inhibiting manual actions? *Developmental Psychology*, 43(2), 417–428. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.2.417>
- Sjöwall, D., & Thorell, L. B. (2019). Neuropsychological deficits in relation to ADHD symptoms, quality of life, and daily life functioning in young adulthood. *Applied Neuropsychology: Adult*, 1-9.
- Smiley, P., A., & Dweck, C. S. (1994). Individual Differences in Achievement Goals among Young Children. *Child Development*, 65, 1723-1743.
- Smith-Donald, R., Raver, C. C., Hayes, T., & Richardson, B. (2007). Preliminary construct and concurrent validity of the Preschool Self-regulation Assessment (PSRA) for field-based research. *Early Childhood Research Quarterly*, 22(2), 173–187. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2007.01.002>
- Sperling, R., A., Walls, R., T., & Hill, L., A. (2000). Early relationships among self-regulatory constructs: Theory of mind and pre-school children's problem solving. *Child Study Journal* 30(4), 233-253.
- Sperling, R. A., Howard, B. C., Miller, L. A., & Murphy, C. (2002). Measures of children's knowledge and regulation of cognition. *Contemporary Educational Psychology*, 27(1), 51-79. <https://doi.org/101006/ceps.2001.1091>

- Stad, F. E., Vogelaar, B., Veerbeek, J., & Resing, W. C. M. (2017). Young children's transfer of series completion in a dynamic test setting: Does cognitive flexibility play a role? *International Journal of School and Cognitive Psychology*, 4(4). <https://doi.org/10.4172/2469-9837.1000199>
- Stone, M. M., & Blumberg, F. C. (2013). *Executive function's role in a utilization deficiency observed in preschoolers: developmental trends and individual differences*. Poster presented at the meetings of the Cognitive Development Society, Memphis, TN.
- Stone, M. M., Blumberg, F. C., Blair, C., & Cancelli, A. A. (2016). The "EF" in deficiency: Examining the linkages between executive function and the utilization deficiency observed in preschoolers. *Journal of Experimental Child Psychology* 152, 367-375. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.07.003>
- Thaqi, Q., & Roebers, C. (2020). Developmental progression in children's and adolescents' cognitive control. *Journal of Clinical & Developmental Psychology*, 2(2), 48-66. <https://doi.org/10.6092/2612-4033/0110-2423>
- Thommen E. (2001). *L'enfant face à autrui*. Armand Colin
- Thommen, E. & Rimbart, G. (2005). *L'enfant et les connaissances sur autrui*. Belin
- Thompson, A., & Steinbeis, N. (2020). Sensitive periods in executive function development. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 36, 98-105. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2020.08.001>
- Thorell L.B., Catale C. (2014) The Assessment of Executive Functioning Using the Childhood Executive Functioning Inventory (CHEXI). In : S. Goldstein, & J. Naglieri (EDs) *Handbook of Executive Functioning*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8106-5_20
- Thorell, L. B., Eninger, L., Brocki, K. C., & Bohlin, G. (2010). Childhood Executive Function Inventory (CHEXI): A promising measure for identifying young children with ADHD ?. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 32(1), 38-43.
- Thorell, L. B., & Nyberg, L. (2008). The Childhood Executive Functioning Inventory (CHEXI): A new rating instrument for parents and teachers. *Developmental Neuropsychology*, 33(4), 536-552. <https://doi.org/10.1080/87565640802101516>
- Thorell, L. B., Lindqvist, S., Bergman Nutley, S., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental science*, 12(1), 106-113.
- Thorell, L. B., Veleiro, A., Siu, A. F., & Mohammadi, H. (2013). Examining the relation between ratings of executive functioning and academic achievement: Findings from a cross-cultural study. *Child Neuropsychology*, 19(6), 630-638. <https://doi.org/10.1080/09297049.2012.727792>
- Tiego, J., Testa, R., Bellgrove, M. A., Pantelis, C., & Whittle, S. (2018). A hierarchical model of inhibitory control. *Frontiers in psychology*, 9, article 1339. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01339>
- Toupiol, G. (2006). *Apprendre et comprendre. Place et rôle de la métacognition dans les aides*. Retz
- Trawick-Smith, J., Swaminathan, S., Baton, B., Danieluk, C., Marsh, S., & Szarwacki, M. (2017). Block play and mathematics learning in preschool: the effects of building complexity, peer and teacher interactions in the block area, and replica play materials. *Journal of Early Childhood Research*, 15(4), 433-448. <https://doi.org/10.1177/1476718X16664557>
- Tunteler, E., & Resing, W. C. (2007). Change in spontaneous analogical transfer in young children: A microgenetic study. *Infant and Child Development: An International Journal of Research and Practice*, 16(1), 71-94. <https://doi.org/10.1002/icd.505>
- Ursache, A., Noble, K. G., & Pediatric Imaging, Neurocognition and Genetics Study. (2016). Socioeconomic status, white matter, and executive function in children. *Brain and behavior*, 6(10), e00531. <https://doi.org/10.1002/brb3.531>
- Vaidya, C. J., You, X., Mostofsky, S., Pereira, F., Berl, M. M., & Kenworthy, L. (2020). Data-driven identification of subtypes of executive function across typical development, attention deficit hyperactivity disorder, and autism spectrum disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 61(1), 51-61. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13114>
- Vandevelde, S., Van Keer, H., Schellings, G., & Van Hout-Wolters, B. (2015). Using think-aloud protocol analysis to gain in-depth insights into upper primary school children's self-regulated learning. *Learning and Individual Differences*, 43, 11–30. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.08.027>
- Veenman, M. V., Van Hout-Wolters, B. H., & Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations. *Metacognition and learning*, 1(1), 3-14.
- Vohs, K. D., & Baumeister, R. F. (Eds.). (2011). *Handbook of self-regulation: research, theory, and applications* (2nd ed). Guilford Press.
- Vygotsky, L. S. (1997). *Pensée et Langage*, éditions La Dispute.

- Wagener, B. (2018). Entraînement au monitoring métacognitif et performances à l'université. *Psychologie Française*, 63(4), 401-412. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2017.12.001>
- Weinstein, C. E., & Mayer, R. E. (1986). The teaching of learning strategies. In M. Wittrock (ED) *Handbook of research on teaching* (pp 315-327). Macmillan.
- Whitebread, D. (1999). Interactions between children's metacognitive abilities, working memory capacity, strategies and performance during problem-solving. *European journal of psychology of education*, 14(4), 489-507.
- Whitebread, D., Bingham, S., Grau, V., Pino-Pasternak, D., & Sangster, C. (2007). Development of metacognition and self-regulated learning in young children: Role of collaborative and peer-assisted learning. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 6, 433-455.
- Whitebread, D., Coltman, P., Pino Pasternak, D., Sangster, C., Grau, V., Bingham, S., Almeqdad, Q., & Demetriou, D. (2009). The development of two observational tools for assessing metacognition and self-regulated learning in young children. *Metacognition Learning*, 4(1), 63–85.
- Whitebread, D., & Basilio, M. (2012). The emergence and early development of self-regulation in young children [Monograph]. *Profesorado*, 16, 15–34. Retrieved from <http://www.ugr.es/local/recfpro/rev161ART2en.pdf>
- Wiebe, S. A., Espy, K. A., & Charak, D. (2008). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. *Developmental Psychology*, 44(2), 575–587. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.44.2.575>
- Wiebe, S. A., Sheffield, T., Nelson, J. M., Clark, C. A. C., Chevalier, N., & Espy, K. A. (2011). The structure of executive function in 3-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108(3), 436–452. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.08.008>
- Williams, J., Rickert, V., Hogan, J., Zolten, A.I., Satz, P., d'Elia, L.F., Asarnow, R.F., Zaucha, K., & Light, R. (1995). Children's Color Trails. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 10, 3, 211-223. [https://doi.org/10.1016/0887-6177\(94\)00041-N](https://doi.org/10.1016/0887-6177(94)00041-N)
- Willoughby, M. T., Blair, C. B., & The Family Life Project Investigators. (2016). Measuring executive function in early childhood: A case for formative measurement. *Psychological Assessment*, 28(3), 319–330. <https://doi.org/10.1037/pas0000152>
- Winne, P.H. (1995). Inherent details in SRL. *Educational psychology*, 30 (4), 173-187.
- Winne, P. H. (1996). A metacognitive view of individual differences in SRL. *Learning and Individual differences*, 8, 4, 327-353.
- Winne, P.H. (1997). Experimenting to bootstrap SRL. *Journal of Educational Psychology*, vol 89(3), 397-410.
- Winne, P. H. (2001). Self-regulated learning viewed from models of information processing. *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives*, 2, 153-189.
- Winne, P. (2005). Key issues in modeling and applying research on self-regulated learning, *Applied psychology: an international review*, 54(2), 232–238.
- Winne, P. H. (2010). Improving Measurements of Self-Regulated Learning. *Educational Psychologist*, 45(4), 267–276.
- Winne, P. H. (2011). A Cognitive and Metacognitive Analysis of Self-Regulated Learning. In B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Eds), *Handbook of self-regulation of learning and performance* (pp. 29-46). Routledge.
- Winne, P. (2017). Learning Analytics for Self-Regulated Learning. In C. Lang, G. Siemens, A. F. Wise, & D. Gaevic (Eds), *The Handbook of Learning Analytics*, (pp. 241–249). Society for Learning Analytics Research (SoLAR).
- Winne, P. H. (2018). Theorizing and researching levels of processing in self-regulated learning. *British Journal of Educational Psychology*, 88(1), 9-20.
- Winne, P.H., & Hadwin, A.B. (1998). Studying as SRL. In Hacker, D.J., Dunlosky, J. & Graesser, A.C. (Eds) *Metacognition in Educational theory and practice* (p 277-304). Lawrence Erlbaum.
- Winne, P. H., & Hadwin, A. F. (2013). nStudy: Tracing and supporting self-regulated learning in the Internet. In R. Azevedo, & V. Aleven (Eds), *International Handbook of Metacognition and Learning Technologies*. (pp. 293-308). Springer.
- Winne, P. H., & Perry, N. E. (2000). Measuring self-regulated learning. In M. Boekaerts, P.R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 532–566). Academic Press.
- Wischgoll, A. (2016). Combined training of one cognitive and one metacognitive strategy improves academic writing skills. *Frontiers in psychology*, 7, article 187. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00187>

- Yanaoka, K., & Saito, S. (2017). Developing control over the execution of scripts: The role of maintained hierarchical goal representations. *Journal of experimental child psychology*, 163, 87-106.
- Yerys, B. E., & Munakata, Y. (2006). When Labels Hurt but Novelty Helps: Children's Perseveration and Flexibility in a Card-Sorting Task. *Child Development*, 77(6), 1589–1607.
- Zachariou, A., & Whitebread, D. (2019). Developmental differences in young children's self-regulation. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 62, 282-293.
- Zelazo, P. D. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature protocols*, 1(1), 297-301.
- Zelazo, P. D. (2015). Executive function: Reflection, iterative reprocessing, complexity, and the developing brain. *Developmental Review*, 38, 55–68. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2015.07.001>
- Zelazo, P. D. (2020). Executive function and psychopathology: A neurodevelopmental perspective. *Annual review of clinical psychology*, 16, 431-454. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-072319-024242>
- Zelazo, P. D., Blair, C. B., & Willoughby, M. T. (2016). Executive Function: Implications for Education. NCER 2017-2000. National Center for Education Research.
- Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2012). Hot and cool executive function in childhood and adolescence: Development and plasticity. *Child Development Perspectives*, 6(4), 354-360.
- Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2020). The neurodevelopment of executive function skills : Implications for academic achievement gaps. *Psychology & Neuroscience*, 13(3), 273-298. <https://doi.org/10.1037/pne0000208>
- Zelazo, P. D., & Müller, U. (2002). Executive functions in typical and atypical development. In U. Goswami (Ed.), *Handbook of childhood cognitive development* (pp. 445–469). Blackwell.
- Zelazo, P. D., Müller, U., Frye, D., Marcovitch, S., Argitis, G., Boseovski, J., Chiang, J.K., Honwanishkul, D., Schuster, B.V., Sutherland, A., & Carlson, S. M. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monographs of the society for research in child development*, 68(3), pp i-iii+v+vii-viii+1-151.
- Zelazo, P. D., & Frye, D. (1998). Cognitive complexity and control: II. The development of executive function in childhood. *Current Directions in Psychological Science*, 7(4), 121-126.
- Zelazo, P. D., Frye, D., & Rapus, T. (1996). An age-related dissociation between knowing rules and using them. *Cognitive development*, 11(1), 37-63. [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(96\)90027-1](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(96)90027-1)
- Zhao, X., Chen, L., & Maes, J. H. (2018). Training and transfer effects of response inhibition training in children and adults. *Developmental Science*, 21(1), e12511.
- Zimmerman, B. J. (1986). Becoming a self-regulated learner : Which are the key subprocesses ?. *Contemporary educational psychology*, 11(4), 307-313.
- Zimmerman, B. (1990). Self-regulated learning and achievement: an overview. *Educational Psychologist*, 25 (1), 3-17.
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In M. Boekaerts, P. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 13–39). CA: Academic Press.
- Zimmerman, B. J. (2008a). Goal Setting: A Key Proactive Source of. *Motivation and self-regulated learning: Theory, research, and applications*, 267.
- Zimmerman, B. J. (2008b). Investigating Self-Regulation and Motivation: Historical Background, Methodological Developments, and Future Prospects. *American Educational Research Journal*, 45(1), 166–183. <https://doi.org/10.3102/0002831207312909>
- Zimmerman, B. J. (2013). From Cognitive Modeling to Self-Regulation: A Social Cognitive Career Path. *Educational Psychologist*, 48(3), 135–147. <https://doi.org/10.1080/00461520.2013.794676>
- Zimmerman, B. J., & Martinez-Pons, M. (1986). Development of a structured interview for assessing student use of self-regulated learning strategies. *American Educational Research Journal*, 23, 614–628.
- Zimmerman, B. J., Bandura, A., & Martinez-Pons, M. (1992). Self-motivation for academic attainment: The role of self-efficacy beliefs and personal goal setting. *American educational research journal*, 29(3), 663-676.
- Zimmerman, B. J., & Martínez-Pons, M. (1992). Perceptions of efficacy and strategy use in the self-regulation of learning. *Student perceptions in the classroom*, 185-207.
- Zimmerman, B. J., & Schunk, D. H. (Eds.). (2001). *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives. 2nd edition*. Routledge.
- Zimmerman, B. J., & Kitsantas, A. (2002). Acquiring writing revision and self-regulatory skill through observation and emulation. *Journal of educational psychology*, 94(4), 660–668. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.94.4.660>

Zimmerman, B. J., & Kitsantas, A. (1997). Developmental phases in self-regulation: Shifting from process goals to outcome goals. *Journal of educational psychology*, 89(1), 29–36.
<https://doi.org/10.1037/0022-0663.89.1.29>

ANNEXES

Table des Annexes

ANNEXES A	III
DOCUMENTS ADMINISTRATIFS RELATIFS AUX AUTORISATIONS	III
A.1.Lettre d'information et formulaire de demande d'autorisation aux parents.....	III
A.2. Autorisation du Comité d'Éthique de l'université de Lille	V
RECAPITULATIF DU MATERIEL SPECIFIQUE UTILISE POUR L'ETUDE 1 PUZADAPT-TACHE PUZZLE.....	VI
A.3. Les Planches Nounours de Choix du But <i>PNCB</i> ©.....	VI
A.4. Les mini-posters illustration des deux puzzles à réaliser.....	VI
A.5. Le support d'aide à la réalisation du puzzle	VI
A.6. Test de Traçage de pistes TRAIL-P ©.....	VII
A.7. Détails du contrebalancement	VIII
A.8. Synthèse des analyses préliminaires – étude 1 PUZADAPT.....	VIII
ANNEXES B	IX
B.1. MATERIEL SPECIFIQUE UTILISE POUR MESURER LA FLEXIBILITE	IX
B.2.RECAPITULATIF DU MATERIEL SPECIFIQUE UTILISE POUR MESURER LA METACOGNITION.....	X
B.2.1. La CHILD questionnaire enseignant	X
B.2.2. Le McKI Entretien de Connaissances Métacognitives.....	XI
ANNEXES C	XIV
DOCUMENTS ADMINISTRATIFS RELATIFS AUX AUTORISATIONS	XIV
C.1.Lettre d'information et formulaire de demande d'autorisation aux parents	XIV
C.2. Autorisation du Comité d'Éthique de l'université de Lille	XVI
RECAPITULATIF DU MATERIEL SPECIFIQUE UTILISE POUR L'ETUDE 2 STRAFIX - TACHE TRI AUTOFIXATION DU BUT	XVII
C.3. LES DIFFERENTS LOTS DE CARTES CREES.....	XVII
C.4. PLANCHES REGLES DE TRI CORRESPONDANT AUX INDICES.....	XVII
C.5. LES GRILLES DE TRI DE CARTES.....	XIX
C.6. CHEXI Questionnaire pour enseignant.....	XX
ANNEXES D	XXI
DOCUMENTS ADMINISTRATIFS RELATIFS AUX AUTORISATIONS	XXI
D.1. Lettre d'information et formulaire de demande d'autorisation aux parents	XXI
D.2. Autorisation du Comité d'Éthique de l'université de Lille	XXII
RECAPITULATIF DU MATERIEL SPECIFIQUE UTILISE POUR L'ETUDE 3 TREFLE - TACHE DE MEMORISATION...XXIII	
D.3. Caractéristiques des items de la liste A	XXIII
D.4. Caractéristiques des items de la liste B	XXIV
D.5. Caractéristiques des items de la liste C.....	XXV
D.6. Caractéristiques des items de la liste D.....	XXVI
D.7. Caractéristiques des items de la liste E	XXVII
D.8. Caractéristiques des items de la liste F	XXVIII
D.9. Test de traçage de piste CHILDREN'S COLOR TRAILS TEST	XXIX
D.10. Synthèse des analyses préliminaires de l'étude 3-TREFLE.....	XXX
ANNEXE E	XXXI
E1. RECAPITULATIF DES 3 EXPERIENCES DE LA THESE	XXXI
E.2. ETAT DE LA VALORISATION DES ETUDES DE LA THESE	XXXII

ANNEXES A

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS RELATIFS AUX AUTORISATIONS

Annexe A.1. Lettre d'information et formulaire de demande d'autorisation aux parents



LETTRE D'INFORMATION (à garder)

Madame, Monsieur,

Dans le cadre d'une recherche en éducation menée à l'Université Lille, je mène une étude sur la réalisation de puzzles chez des enfants de 4 à 5 ans, intitulée « *L'enfant face aux puzzles* », placée sous la responsabilité scientifique du Professeur Jérôme Clerc (jerome.clerc@univ-grenoble-alpes.fr). Le but est de tester l'implication de la flexibilité mentale dans la capacité des jeunes enfants à s'adapter aux modifications de l'environnement pendant la réalisation d'un puzzle. J'aimerais à cette occasion pouvoir rencontrer votre enfant au cours de 5 courtes séances de 15 minutes où il jouera individuellement à des puzzles, à un jeu de tri de cartes et à un jeu où il faut relier des images du plus petit au plus grand. Ces jeux seront effectués à l'école pendant les heures de classe, un par jour pendant une semaine, une première fois en début d'année scolaire (octobre-décembre 2017) et une deuxième fois en fin d'année (avril-juin 2018). Les séances seront menées par moi-même ou par une ancienne enseignante de maternelle retraitée. Les jeux avec les puzzles seront filmés en cadrant plus spécifiquement sur les mains de l'enfant et le jeu, pour enregistrer les déplacements des pièces du puzzle et les commentaires que peuvent faire les enfants pendant la réalisation des jeux. Les enregistrements vidéos ne seront ni communiqués à d'autres personnes, ni utilisés à d'autres usages. Ils seront détruits après la fin de l'étude.

Toutes les données seront recueillies et traitées de manière anonyme et confidentielle. Votre enfant pourra cesser de participer à tout moment s'il le souhaite, il lui suffira de le dire. Vous devez donner votre consentement écrit avant la participation à l'étude (formulaire de consentement à remettre à l'enseignante de votre enfant).

Espérant vivement pouvoir compter sur la participation de votre enfant, je reste à votre disposition pour tout renseignement (marion.leclercq2@etu.univ-lille3.fr).

Respectueusement,

Marion LECLERCQ,

Psychologue et Formatrice à l'ESPE d'Outreau.

Doctorante au sein du laboratoire PSITEC EA 4072 <http://psitec.recherche.univ-lille3.fr>

Thèse de doctorat effectuée sous la direction de Mr Jérôme Clerc, Professeur à l'université de Grenoble

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT
(À remettre à l'enseignant de votre enfant)

Parent ou responsable légal

Je soussigné(e) M/Mme déclare avoir reçu toutes les informations nécessaires relatives à la recherche « *L'enfant face aux puzzles* ». J'ai bien noté que je peux contacter le responsable scientifique de l'étude (jerome.clerc@univ-grenoble-alpes.fr) ainsi que la coordinatrice de l'étude (marion.leclercq2@etu.univ-lille3.fr) en cas de besoin.

Je consens à ce que l'enfant participe à cette recherche. J'ai bien noté qu'il pourra cesser de participer à tout moment s'il le souhaite, sans aucune justification. Il me suffira de le préciser à un des adultes de l'équipe pédagogique ou à la coordinatrice scientifique engagée dans le projet.

Date : | | | | | | | | | |

Date : | | | | | | | | | |

Signature du parent ou responsable légal :

Signature de l'investigateur :

L'enfant

« Je veux participer » 
Cocher la réponse

« Je ne veux pas participer » 

Signature de l'enfant (si possible):

Annexe A.2. Autorisation du Comité d'Éthique de l'université de Lille



Comité d'éthique en sciences comportementales

Président :

Yvonne DELEVOYE-TURRELL

Président adjoint :

Céline DOUILLIEZ

Personne ressource (dossier administratif) :

Aurélie DUCROQUET

Tél : 03.20.41.67.92 -

E-mail : aurelie.ducroquet@univ-lille3.fr

Villeneuve d'Ascq le 14/12/2017

Références comité d'éthique :	2017-2-S55
Sigle :	PUZADAPT
Numéro de version et date :	Version 2 du 18/10/2017
Promoteur :	Lille 3
Porteur projet :	Jérôme Clerc

Date de la soumission :	26/09/2017
Date de la réunion du comité d'éthique :	10/10/2017
Avis du comité d'éthique :	AVIS FAVORABLE
<i>Le protocole est accepté en état. Si pour une quelconque raison, vous souhaitez modifier le protocole (en terme de calendrier, inclusion d'un nouveau groupe...), vous êtes tenu d'informer le comité d'éthique par l'envoi d'un avenant expliquant les motivations mais également les modifications apportées au protocole initial.</i>	
<i>Cet avenant sera réévalué par le comité d'éthique.</i>	

Pr Yvonne DELEVOYE-TURRELL
Présidente du comité d'éthique

RECAPITULATIF DU MATERIEL SPECIFIQUE UTILISE POUR L'ETUDE 1 PUZADAPT-TACHE PUZZLE

Annexe A.3. Les Planches Nounours de Choix du But *PNCB*©



Annexe A.4. Les mini-posters illustration des deux puzzles à réaliser

Format réel = A4



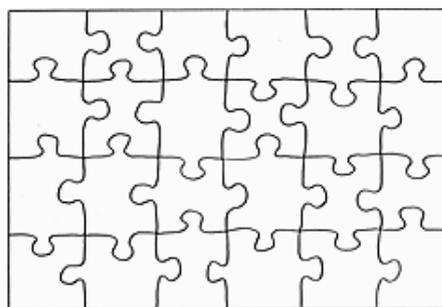
PUZZLE 1 Plage



PUZZLE 2 Tour de contrôle

Annexe A.5. Le support d'aide à la réalisation du puzzle

Format réel = A4



Annexe A.6. Test de Traçage de pistes TRAIL-P ©

tiré de la batterie BEFEX-P 4.0 de Monette de Bigras (2015) non publiée

Planche de présentation des items du test : Famille Souris et fromages (Format réel A4)



Planche de test 1 : relier les souris dan l'ordre croissant (Papa → Maman → ... → bébé)
(Format réel A4)

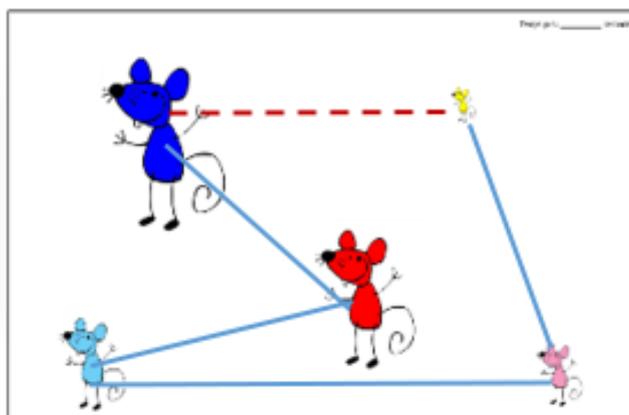


Planche de test 2 (alternance Souris / Fromage) (Format réel A4)

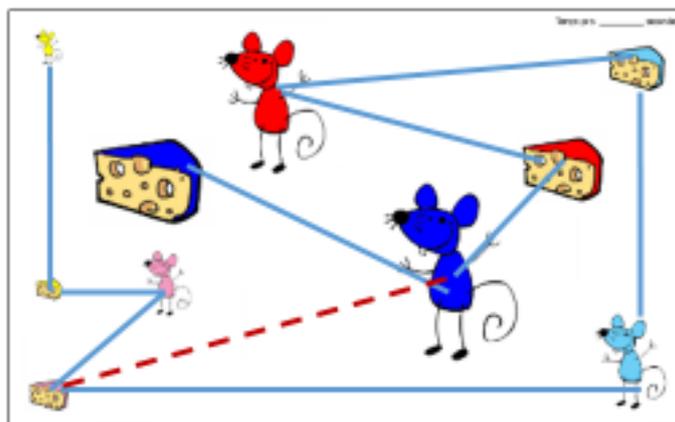
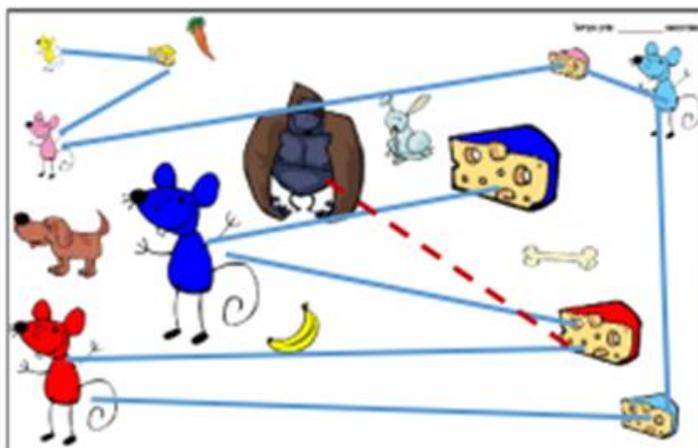


Planche de test 3 (alternance Souris / Fromage + Intrus) (Format réel A4)



Annexe A.7. Détails du contrebalancement

Aucune hypothèse n'a été faite sur un effet du genre, de l'ordre de présentation des puzzles, de l'ordre de présentation des PNCB, ni du type de contrainte (rotation/retrait) sur les performances de réalisation du puzzle. Nous avons veillé à contrebalancer l'ordre de présentation de tous nos outils.

Ainsi, 45 enfants ont commencé par le Puzzle 1 au PM1 puis le Puzzle 2 au PM2 et l'inverse pour les 55 autres participants. Concernant les PNCB, elles étaient présentées dans l'ordre 1 (1 Bleu, 2 Jaune, 3 Vert) pour 35 enfants, dans l'ordre 2 pour 34 enfants (1 Vert, 2 Bleu, 3 Jaune) et dans l'ordre 3 pour 31 enfants (1 Jaune, 2 Vert, 3 Bleu). Enfin, l'ordre de présentation des contraintes sur le puzzle a lui aussi été contrôlé : 53 enfants ont commencé par la Rotation du puzzle en Condition Prévisible puis le Retrait du support d'aide en Condition Imprévisible et 47 enfants ont commencé par le retrait du support d'aide en Condition Prévisible puis la Rotation du puzzle en Condition Imprévisible.

Annexe A.8. Synthèse des analyses préliminaires - étude 1 PUZADAPT

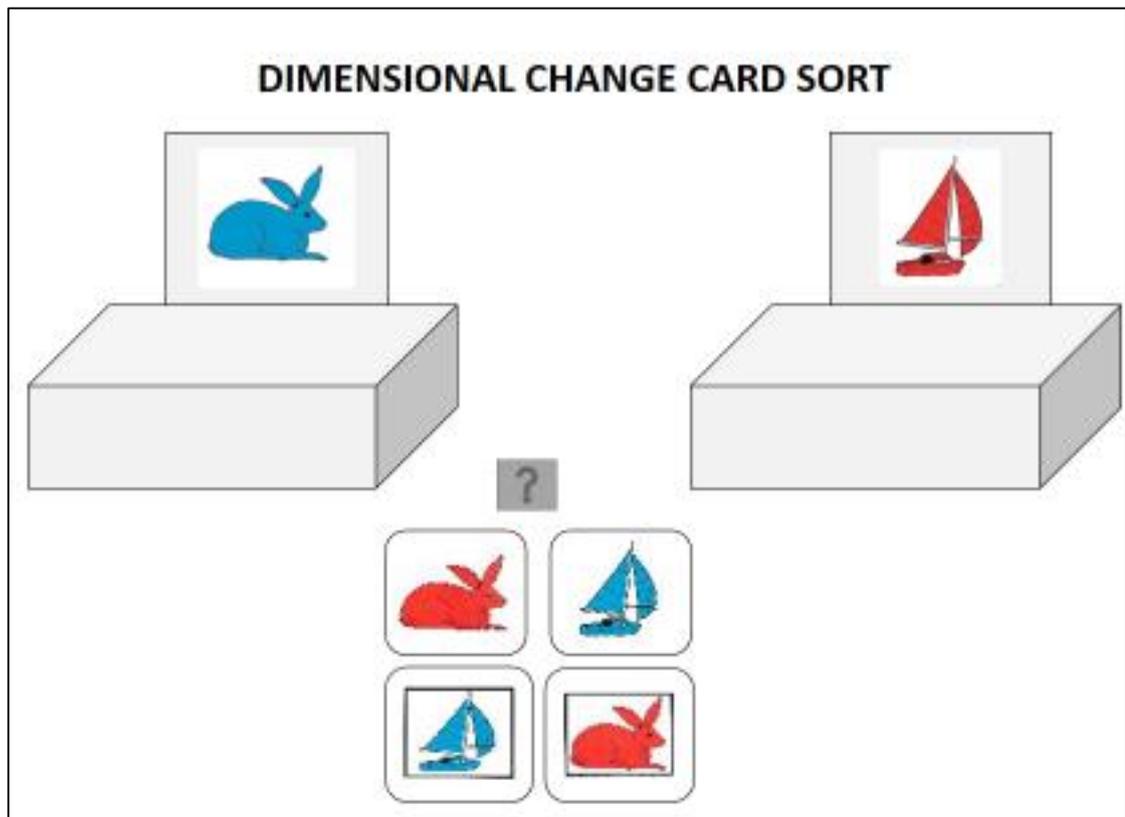
Tableau 28

Effets de l'ordre de présentation des puzzles, des contraintes, du genre sur les performances moyennes de réalisation du puzzle aux deux points de mesure (ANOVA).

	PM1			PM2		
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>η² partiel</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>η² partiel</i>
Ordre Puzzle	.002	.96	.000	.462	.50	.005
Ordre Contrainte	.067	.80	.001	.333	.57	.004
Genre	.039	.84	.000	1.050	.31	.011
Ordre Puzzle*Ordre Contrainte	.263	.61	.003	.490	.49	.005
Ordre Puzzle*Genre	2.912	.09	.031	.615	.43	.007
Ordre Contrainte*Genre	.100	.75	.001	.006	.94	.000
Ordre Puzzle*Ordre Contrainte*Genre	.123	.73	.001	.145	.70	.002

ANNEXES B

B.1. MATERIEL SPECIFIQUE UTILISE POUR MESURER LA FLEXIBILITE



B.2. RECAPITULATIF DU MATERIEL SPECIFIQUE UTILISE POUR MESURER LA METACOGNITION – (études 1 et 2)

ANNEXE B.2.1. La CHILD questionnaire enseignant

Checklist of Independent Learning Development (CHILD) 3–5

de Whitebread et al., (2009)* *notre traduction*

Nom et Prénom de l'enfant : _____ Enseignant : _____

Date : _____ Ecole : _____

	<i>Toujours</i>	<i>Régulièrement</i>	<i>Parfois</i>	<i>Jamais</i>
EMOTION				
Peut parler de son propre comportement et de celui d'autrui ainsi que des conséquences	0	0	0	0
Aborde de nouvelles tâches avec confiance	0	0	0	0
Peut contrôler son attention et résister à la distraction	0	0	0	0
Mesure ses progrès et cherche l'aide appropriée	0	0	0	0
Persiste face aux difficultés	0	0	0	0
PROSOCIAL				
S'accorde sur quand et comment effectuer les tâches	0	0	0	0
Peut résoudre des problèmes sociaux avec ses pairs	0	0	0	0
Sait à la fois partager et attendre son tour indépendamment	0	0	0	0
Prend part à des activités de coopération indépendantes avec ses pairs	0	0	0	0
Est conscient des sentiments des autres, aide et réconforte	0	0	0	0
COGNITIF				
Est conscient de ses propres forces et faiblesses	0	0	0	0
Peut parler de comment il a fait quelque chose ou de ce qu'il a appris	0	0	0	0
Peut parler d'activités futures prévues	0	0	0	0
Peut prendre des décisions et faire des choix raisonnés	0	0	0	0
Pose des questions et suggère des réponses	0	0	0	0
Utilise des stratégies enseignées précédemment	0	0	0	0
S'approprie et réemploie le langage entendu précédemment pour son propre usage	0	0	0	0
MOTIVATION				
Trouve ses propres ressources sans l'aide d'un adulte	0	0	0	0
Développe ses propres façons d'exécuter les tâches	0	0	0	0
Initie des activités	0	0	0	0
Planifie ses propres tâches, cibles et objectifs	0	0	0	0
Aime résoudre des problèmes	0	0	0	0

Score sous- échelle	1 EMOTION / 15	2 Prosocial / 15	3 Cognitif / 21	4 Motivation / 15
SCORE TOTAL CHILD	/ 66			

AUTRES COMMENTAIRES :

*Whitebread, D., Coltman, P., Pino Pastemak, D., Sangster, C., Grau, V., Bingham, S., Almeqdad, Q., & Demetriou, D. (2009). The development of two observational tools for assessing metacognition and self-regulated learning in young children. *Metacognition Learning*, 4, 63–85.

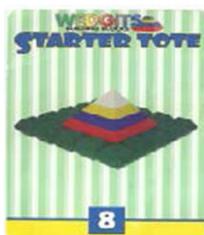
ANNEXE B.2.2. L'entretien de connaissances métacognitives McKI :

Les WEDGITS PHASE 1 REALISATION DES 3 CONSTRUCTIONS*

*Marulis, L. M., Palincsar, A. S., Berhenke, A. L., & Whitebread, D. (2016). Assessing metacognitive knowledge in 3–5 year olds: the development of a metacognitive knowledge interview (McKI). *Metacognition and learning*, 11(3), 339-368.

Laissez 1 temps de familiarisation et de découverte à l'enfant ; lui montrer comment peuvent s'empiler les pièces etc puis démarrez avec les cartes modèles.

CONSTRUCTION 1 : Carte 8 BLEU (facile) (exemple pour s'entraîner et manipuler) SCORE / 2



« Regarde cette carte, je voudrais que tu fasses la construction comme sur l'image. Tu peux mettre les morceaux exactement comme sur l'image ? »

Laisser faire l'enfant sans l'interrompre jusqu'à ce qu'il ait fini.

Possibilité de l'aider si l'enfant ne comprend pas comment mettre les morceaux comme sur la carte. Puis passer à la suivante

CONSTRUCTION 2 : carte 3 BLEU (moyen) Temps : SCORE / 2



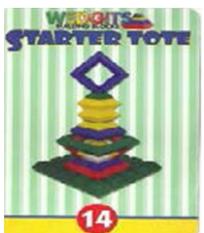
« Super, tu as bien réussi avec celle-là ! Maintenant je voudrais que tu essayes de mettre les morceaux exactement comme sur cette image. »

Laisser faire l'enfant sans aide cette fois et maximum 4 minutes ; au-delà, arrêter l'enfant s'il est encore en train de travailler dessus. Si l'enfant met moins de 4 minutes, poursuivre la passation ; S'il met plus de 4 minutes arrêter là et dire :

« Nous n'avons plus de temps. Mais si nous avons plus de temps, tu préférerais faire encore/continuer avec celle-ci (montrer carte construction 1 ; la 8 BLEU) ou avec celle-là (montrer carte construction 2 ; la 3 BLEU) ? ». Cocher la réponse de l'enfant.

Pourquoi ? Ecrire la réponse de l'enfant.

CONSTRUCTION 3 : Passer à la carte 14 ROUGE (difficile) Temps : SCORE / 2



« Tu as bien réussi avec celle-là aussi bravo ! Faisons une autre. Mets les morceaux exactement comme sur cette image. »

Laisser faire l'enfant sans aide et maximum 4 minutes ; au-delà, arrêter l'enfant s'il est encore en train de travailler dessus. Si l'enfant met moins de 4 minutes, poursuivre la passation ; s'il met plus de 4 minutes dire

« Nous n'avons plus de temps. Mais si nous avons plus de temps, tu préférerais faire encore/continuer avec celle-ci (montrer carte construction 3 ; carte 14 rouge) ou avec celle-là (montrer 4^e carte, la 1 ROUGE) ? ». Cocher la réponse de l'enfant.

Pourquoi ? Ecrire la réponse de l'enfant.



PHASE 2 ENTRETIEN METACOGNITIF MCKI*

*Marulis, L. M., Palincsar, A. S., Berhenke, A. L., & Whitebread, D. (2016). Assessing metacognitive knowledge in 3–5 year olds: the development of a metacognitive knowledge interview (McKI). *Metacognition and learning*, 11(3), 339-368.

Une fois la tâche des wedgits terminée, dites à l'enfant : « **Super, merci d'avoir fait ces constructions ! Maintenant je voudrais qu'on en parle un peu pour que tu m'expliques comment tu as fait. Mon travail consiste à comprendre comment les enfants apprennent et réfléchissent et j'ai quelques questions à te poser, d'accord ?** » Une fois que l'enfant accepte, dites : « **Merci ! Ne t'inquiètes pas, il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses et si tu ne sais pas, tu me dis, je ne sais pas, ce n'est pas un problème. Je veux seulement savoir ce que TOI, tu en penses. Dis-moi simplement ta meilleure réponse.** »

1. « **A ton avis, les constructions, tu les as** {Cocher la réponse de l'enfant} :
 Bien réussies **réussies moyen ou** **pas bien réussies ?**

S'il dit BIEN, demandez « **Qu'as-tu fait pour t'aider à bien faire/réaliser ces constructions ?** »

S'ils répondent MOYEN /PAS BIEN, demandez « **A ton avis, est-ce que quelque chose peut t'aider à le faire encore mieux ?** »

2. « **Est-ce que tu penses que c'était difficile ?** »

Si répond non, demandez : « **Pourquoi ce n'était pas difficile ?** »

Si répond oui, demandez : « **Pourquoi ? Est-ce que ça peut être plus facile ?** »

3. « **Est-ce que tu penses que cette construction serait difficile pour un autre enfant de ton âge, pour les copains de la classe par exemple ?** » « **Pourquoi/pourquoi pas ?** »

4. « **Comment tu peux savoir si tu fais bien la construction ?** »

FLURBY Montrer à l'enfant la **marionnette à doigt "extraterrestre"** /peluche (utiliser le même genre que l'enfant) et dire : « **D'accord. Regarde maintenant, j'ai un(e) ami(e) à te montrer. Il/Elle s'appelle FLURBY et il vient d'un autre pays. Il/elle ne va pas à l'école comme toi ou n'a pas de maîtresse. Il/elle ne connaît rien aux constructions comme celle que tu viens de faire. Est-ce que tu veux bien aider Flurby à découvrir les constructions ?** Attendre consentement de l'enfant : **Merci.** (S'il n'est pas d'accord, essayez de le pousser en disant que" Flurby a vraiment besoin de son aide et veut en savoir plus sur les constructions").

5. « **Est-ce que tu penses que ces constructions sont plus faciles pour Flurby (montrer la peluche) ou pour toi ? Pourquoi ?** »

6. « **Que doit faire Flurby s'il/elle a des difficultés avec les constructions ; s'il/elle n'arrive pas à les faire ?** »

7. « **Est-ce que tu penses que ça peut aider Flurby de se parler de la construction pendant qu'il/elle est en train de la faire ?** » « **Pourquoi est-ce que ça peut aider /ne peut pas aider ?** »

« *Flurby a quelques questions pour toi sur les constructions comme celles-ci. D'accord ?* » Faire « parler » Flurby directement à l'enfant et demandez ce qui suit :

8. « *Est-ce que la construction serait plus facile avec des pièces/morceaux plus grandes ou plus petites ? Pourquoi ?* »

9. « *Si toutes les pièces de la construction étaient de la même couleur, comme sur cette image* (montrez le livret Wedgits de tous les Wedgits violets) *la construction serait-elle plus facile ?* » Si oui, demandez : *Pourquoi ? si non, Pourquoi non ?*

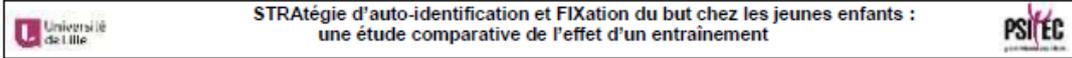
10. « *Si AVANT d'essayer, ... dans ma tête.... je pense à la façon dont les morceaux/pièces s'emboîtent/vont ensemble, est-ce ça sera plus facile à faire ?* » Si oui, demandez : *Pourquoi ?* si non, *Pourquoi pas ?*

11. « *Si je ferme les yeux pendant que je fais la tour, est-ce que la construction sera plus facile à faire ?* » Si oui, demandez : *Pourquoi ? si non, Pourquoi pas ?*

ANNEXES C

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS RELATIFS AUX AUTORISATIONS

Annexe C.1. Lettre d'information et formulaire de demande d'autorisation aux parents



LETTRE D'INFORMATION

(à garder)

Madame, Monsieur,

Dans le cadre d'une recherche en éducation menée à l'Université de Lille, je mène une étude pour comprendre comment les élèves de maternelle peuvent apprendre à être plus performants dans leurs apprentissages. Nous avons intitulé cette étude « STRAFIX ». J'aimerais à cette occasion pouvoir rencontrer votre enfant au cours de cinq courtes séances de 10 à 15 minutes. Dans un premier temps, chaque enfant sera amené à jouer individuellement à deux jeux de logique et de réflexion, à un jeu de tri de cartes et à un jeu où il faut relier certaines images entre elles. Ensuite, les participants joueront à un jeu de cartes durant 15 à 20 minutes, trois fois individuellement et une fois en petit groupe. Ces jeux seront effectués en ma présence, à l'école pendant les heures de classe en accord avec l'enseignant et en veillant à perturber le moins possible les apprentissages des élèves.

Toutes les données seront recueillies et traitées de manière anonyme et confidentielle. Bien entendu, vous pourrez avoir accès, sur simple demande, à un bilan général des résultats de l'étude une fois celle-ci achevée et un débriefing sera proposé à l'école. Votre enfant pourra cesser de participer à tout moment s'il le souhaite, sans avoir à se justifier, il lui suffira de le dire.

Votre consentement écrit est indispensable avant la participation à l'étude. Vous trouverez à la page suivante un formulaire de consentement à remplir et remettre à l'enseignant(e) de votre enfant.

Espérant vivement pouvoir compter sur la participation de votre enfant, je reste à votre disposition pour tout renseignement.

Respectueusement,

Marion LECLERCQ,

Psychologue et Formatrice à l'INSPE d'Outreau.

Doctorante au sein du laboratoire PSITEC EA 4072 <http://psitec.recherche.univ-lille3.fr>

Responsable scientifique de l'étude : Mr Jérôme CLERC, Professeur à l'université de Grenoble

Co Responsable Scientifique : Mme Célien BRASSELET, Maître de conférences à l'université de Lille

Contact @ :

marion.leclercq@univ-lille.fr ; jerome.clerc@univ-grenoble-alpes.fr ; celenie.brassellet@univ-lille.fr

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

(A remettre à l'enseignant(e) de votre enfant)

Parent ou responsable légal

Je soussigné(e) M/Mme
déclare avoir reçu toutes les informations nécessaires relatives à la recherche STRAFIX. J'ai bien noté que je peux contacter les responsables scientifiques de l'étude (jerome.clerc@univ-grenoble-alpes.fr ; celenie.brasslet@univ-lille.fr) ainsi que la coordinatrice de l'étude (marion.leclercq@univ-lille.fr) en cas de besoin.

Je consens à ce que l'enfant.....
né le participe à cette recherche. J'ai bien noté qu'il pourra cesser de participer à tout moment s'il le souhaite, sans avoir à donner de justification. Il suffira de le préciser à un des adultes de l'équipe pédagogique ou à la coordinatrice scientifique engagée dans le projet.

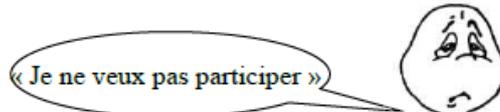
Date : __/__/__

Signature du parent ou responsable légal :

L'enfant



Cocher la réponse



Signature de l'enfant (si possible):

Annexe C.2. Autorisation du Comité d’Ethique de l’université de Lille



Comité d’éthique en sciences comportementales

Présidente :

Yvonne DELEVOYE-TURRELL

Président adjoint :

Cédric PATIN

Gestionnaire administrative :

Stella BOUAMRIRENE

Tel : 03 -62- 26- 80- 82

E-mail : Stella.Bouamriline@univ-Lille.fr

Villeneuve d’Ascq le 20/12/2019

Références comité d’éthique :	2019-386-S77
Sigle :	STRAFIX
Numéro de version et date :	Version 2 du 16/12/2019
Promoteur :	ULille SHS-ALL / Université de Grenoble
Responsable Scientifique du projet :	

Date de la soumission :	20/12/2019
Avis du Comité d’Ethique :	Avis favorable.
<i>Le protocole est accepté en état. Si pour une quelconque raison, vous souhaitez modifier le protocole (en terme de calendrier, inclusion d’un nouveau groupe...), vous êtes tenu d’informer le comité d’éthique par l’envoi d’un avenant expliquant les motivations mais également les modifications apportées au protocole initial. Cet avenant sera réévalué par le comité d’éthique.</i>	
<i>L’avis du CER-Lille n’exonère pas des formalités réglementaires. A cet égard, il vous appartient notamment, si vous traitez des données se rapportant à un individu directement ou indirectement identifiable, de vous conformer au règlement européen sur la protection des données (RGPD) en vigueur depuis 2018. Pour cela, vous pouvez solliciter les conseils du Correspondant informatique et libertés (DPO) ou du service juridique de votre université ou de votre organisme de recherche.</i>	

Pr Yvonne DELEVOYE-TURRELL
Présidente du comité d’éthique

DAR - Direction de l’Appui à la Recherche
Service Pilotage des Partenariats, des Structures de Recherche et des Plateformes
Comité d’Ethique Lille
Bureau 61
Bât A3
59655 Villeneuve d’Ascq
Tel 03-62-26-80-8

RECAPITULATIF DU MATERIEL SPECIFIQUE UTILISE POUR L'ETUDE 2 STRAFIX - TACHE TRI AUTOFIXATION DU BUT

ANNEXE C.3. LES DIFFERENTS LOTS DE CARTES CREES

Chaque enfant a toujours 2 x 8 cartes de 4 catégories dans 4 couleurs :

1 série avec un papillon coloré et 1 série avec un papillon gris

Les bases des cartes utilisées pour le jeu des Animaux reprises du Jeu du COCOTAKI

(chaque animal est représenté dans les quatre couleurs)



Les bases des cartes utilisées pour le jeu des Formes reprises du Jeu du COLOR ADDICT

KIDZ (chaque forme est représentée dans les quatre couleurs)



Les différents lots créés pour chaque jeu

J = jaune ; B = Bleu ; R = Rouge ; V= Vert

Jeu des Animaux	MOUTON		CHAT		CHIEN		VACHE		Jeu des Formes	Carré		Cœur		Triangle		Rond	
Lot 1	J	B	J	B	R	V	V	R	Lot 1	J	B	J	B	R	V	V	R
Lot 2	J	R	V	B	B	R	J	V	Lot 2	J	R	V	B	B	R	J	V
Lot 3	B	V	J	R	J	V	R	B	Lot 3	B	V	J	R	J	V	R	B
Lot 4	V	R	R	V	J	B	J	B	Lot 4	V	R	R	V	J	B	J	B

ANNEXE C.4. PLANCHES REGLES DE TRI CORRESPONDANT AUX INDICES

Planche à pointer pour le Jeu des Couleurs

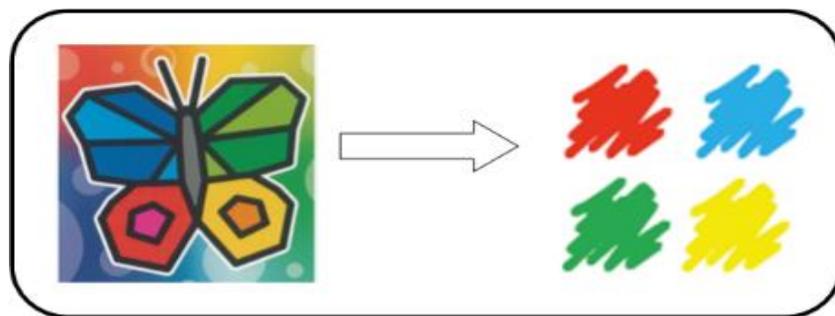


Planche à pointer pour le Jeu des animaux

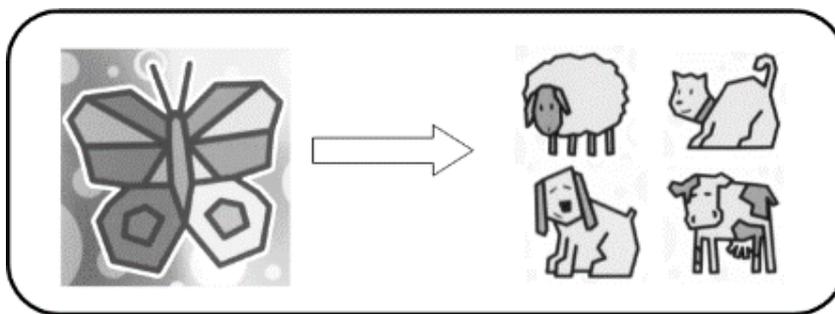
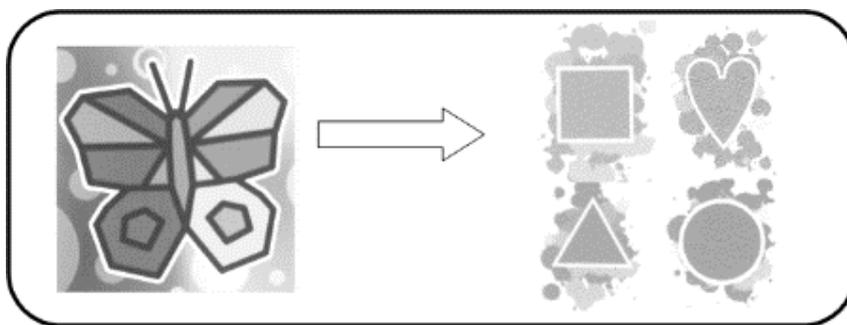


Planche à pointer pour le Jeu des Formes

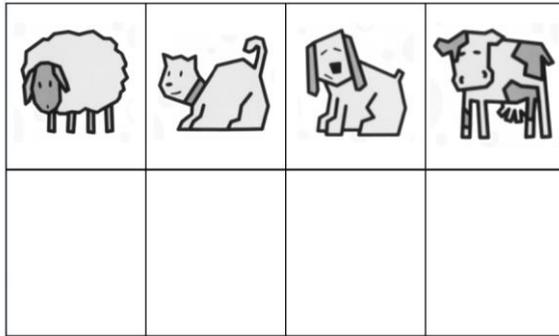


ANNEXE C.5. LES GRILLES DE TRI DE CARTES

(proposées aux enfants en format A4)

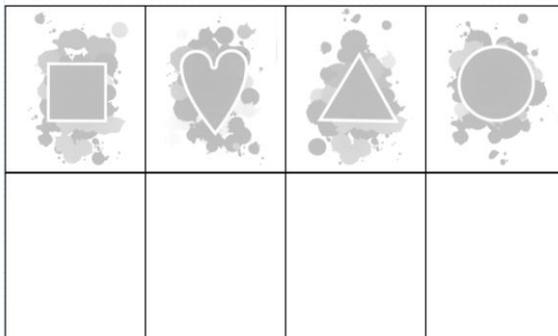
Grille 1 pour le Jeu des animaux

Utilisée en phases de Prétest, Entraînement, Post-Test pour la première moitié des participants.
Utilisée en phase de Transfert pour l'autre moitié.



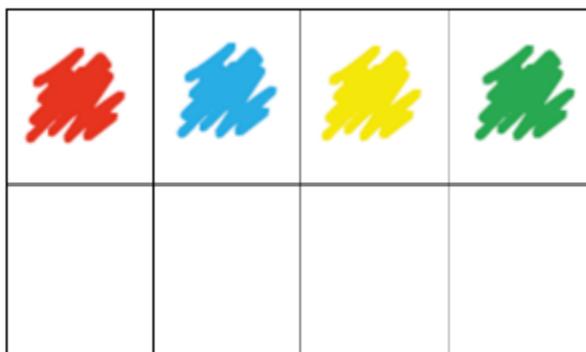
Grille 2 pour le Jeu des Formes

Utilisée en phase de Transfert pour la première moitié des participants ; utilisée en phases de Prétest, Entraînement, Post-Test pour l'autre moitié.



Grille 3 pour le Jeu des Couleurs

Utilisée pour toutes les phases Prétest, Entraînement, Post-Test et Transfert et pour tous les participants.



ANNEXE C.6. CHEXI Questionnaire pour enseignant

CHILDHOOD EXECUTIVE FUNCTIONNING INVENTORY (CHEXI)*

Nom et Prénom de l'enfant : _____ Enseignant : _____

Date : _____ Ecole : _____

	Absolument Incorrect	Incorrect	En partie correct	Correct	Absolument correct
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0

Cotation

	MDT		INHIBITION		SCORE TOTAL
Score sous-échelle	1 MDT	2 Planification	3 Régulation	4 Inhibition	
Sous-total					

*Catala, C., Lejeune, C., Merbah, S., & Meulemans, T. (2013). French Adaptation of the Childhood Executive Functioning Inventory (CHEXI). *European Journal of Psychological Assessment*.

ANNEXES D

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS RELATIFS AUX AUTORISATIONS Annexe D.1. Lettre d'information et formulaire de demande d'autorisation aux parents



LETTRE D'INFORMATION

Madame, Monsieur,

Dans le cadre d'une Recherche en Psychologie à l'ESPE de l'Université Lille Nord de France, nous menons une étude sur la mémorisation des dessins chez l'enfant de 4 à 7 ans. Elle consiste à effectuer des jeux de mémoire et de dessin au cours de 6 courtes séances. Ces exercices seront effectués en ma présence et celle de l'enseignante, à l'école pendant les heures de classe. J'ai l'honneur de solliciter votre autorisation pour rencontrer votre enfant.

Toutes les données seront recueillies et traitées de manière anonyme et confidentielle. Votre enfant pourra cesser de participer à tout moment s'il le souhaite. Vous devez donner votre consentement écrit avant la participation à l'étude (coupon à découper ci-dessous et à remettre à l'enseignante de votre enfant).

Espérant vivement pouvoir compter sur la participation de votre enfant, je reste à votre disposition pour tout renseignement complémentaire. Vous pouvez aussi contacter Madame Lebouc si vous souhaitez avoir plus de précisions.

Respectueusement,

Marion LECLERCQ (marion.leclercq@espe-lnf.fr),
Psychologue et formatrice à l'ESPE.

Ce travail de recherche est placé sous la tutelle de Mr Jérôme Clerc, Maître de Conférences en Psychologie à l'Université Lille3.
Si vous le souhaitez, vous pouvez aussi contacter ce dernier pour toute question ou information : jerome.clerc@univ-lille3.fr

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Parent ou responsable légal

Je soussigné.....déclare avoir reçu toutes les informations nécessaires relatives à la recherche « La mémoire des dessins chez l'enfant ».

Je consens à ce que l'enfantparticipe à cette recherche.

Date et Signature :

Signature de l'enfant (si possible):

Annexe D.2. Autorisation du Comité d’Ethique de l’université de Lille



Comité d’éthique en sciences comportementales

Président :

Yvonne DELEVOYE-TURRELL

Président adjoint :

Céline DOUILLEZ

Personne ressource (dossier administratif) :

Aurélie DUCROQUET

Tél : 03.20.41.67.92 -

E-mail : aurelie.ducroquet@univ-lille3.fr

Villeneuve d’Ascq le 30 juin 2016

Références comité d’éthique :	2016-2-S40
Sigle :	TREFLE
Numéro de version et date :	Version 2 du 01/06/2016
Promoteur :	Lille 3
Porteur projet :	Jérôme CLERC

Date de la soumission :	08/03/2016
Date de la réunion du comité d’éthique :	22/03/2016 revu le 22/06/2016
Avis du comité d’éthique :	AVIS FAVORABLE
<i>Le protocole est accepté en état. Si pour une quelconque raison, vous souhaitez modifier le protocole (en terme de calendrier, inclusion d’un nouveau groupe...), vous êtes tenu d’informer le comité d’éthique par l’envoi d’un avenant expliquant les motivations mais également les modifications apportées au protocole initial.</i>	
<i>Cet avenant sera réévalué par le comité d’éthique.</i>	

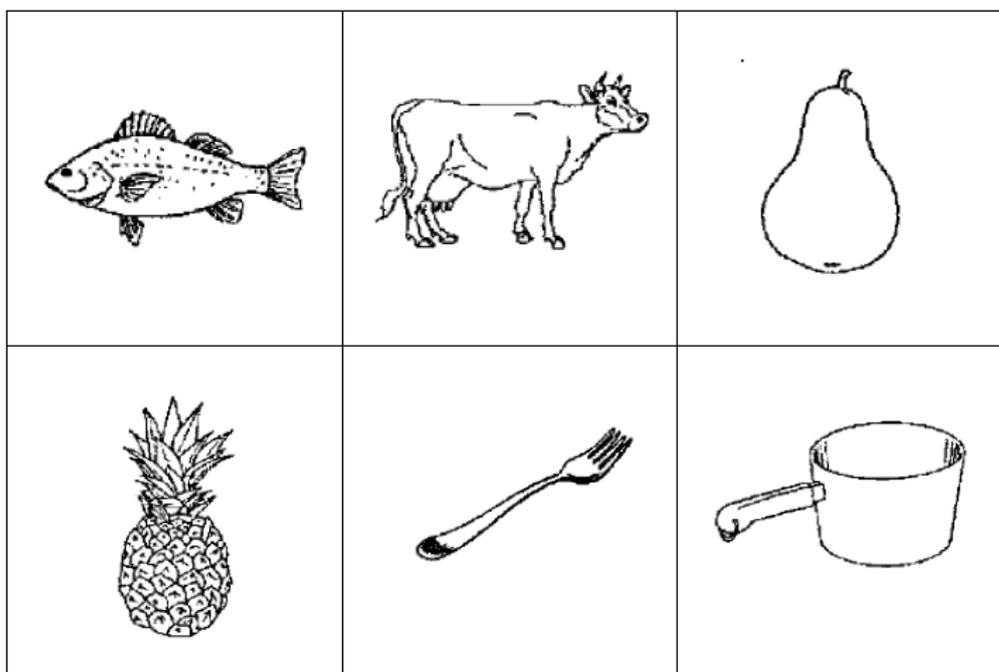
Pr Yvonne DELEVOYE-TURRELL
Présidente du comité d’éthique

Handwritten signature of Yvonne Delevoye.

RECAPITULATIF DU MATERIEL SPECIFIQUE UTILISE POUR L'ETUDE 3 TREFLE - TACHE DE MEMORISATION

Annexe D.3. Caractéristiques des items de la liste A

Dessins de la Liste A (Test; Expérimentation 1)

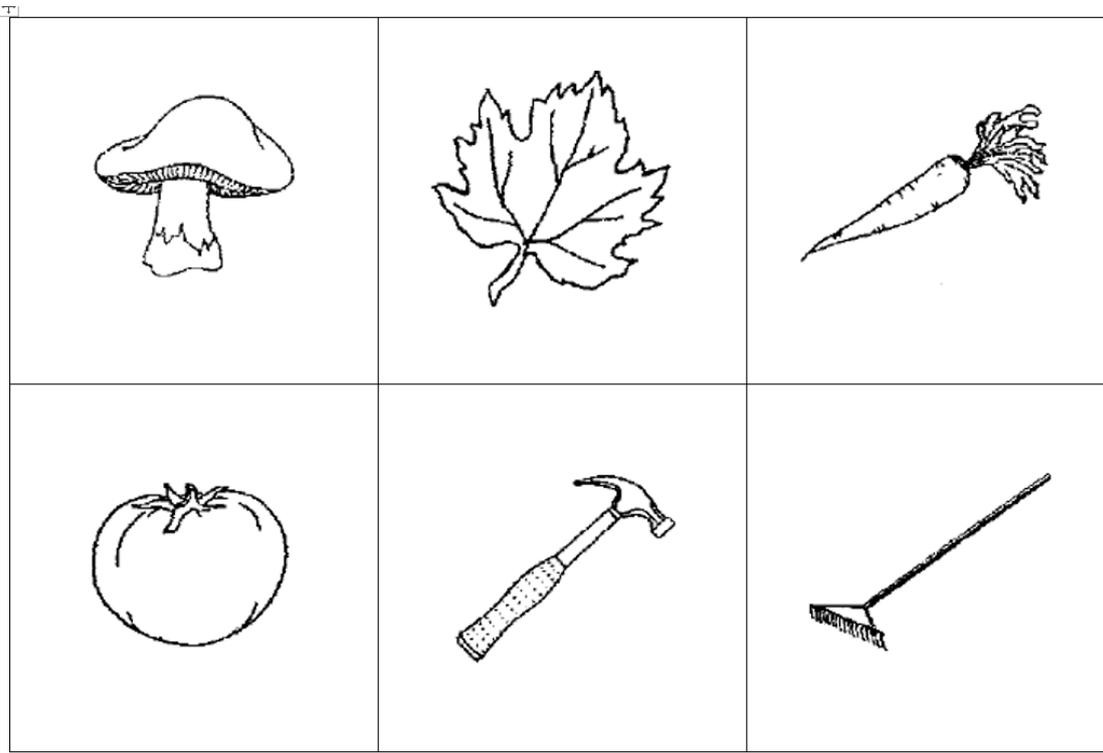


Caractéristiques des items de la liste A

Mot	Fréquence niv CP Manulex	Familiarité Alario et Ferrand (99)	Accord image Alario et Ferrand (99)	Complexité Alario et Ferrand (99)	Complexité visuelle Cycowicz (97)
Poisson	83.15	3.33	3	3.48	3.13
Vache	213.20	2.63	3.40	3.59	3.89
Poire	97.68	3.37	4.40	1.14	1.93
Ananas	63.38	2.73	4.77	4.52	4.12
Fourchette	47.33	4.90	4.00	2.66	2.67
Casserole	109.22	4.50	3.60	2.14	1.93
Moyenne	226.993	3.577	3.862	2.922	2.945

Annexe D.4. Caractéristiques des items de la liste B

Dessins de la Liste B (Test ; Expérimentation 1)

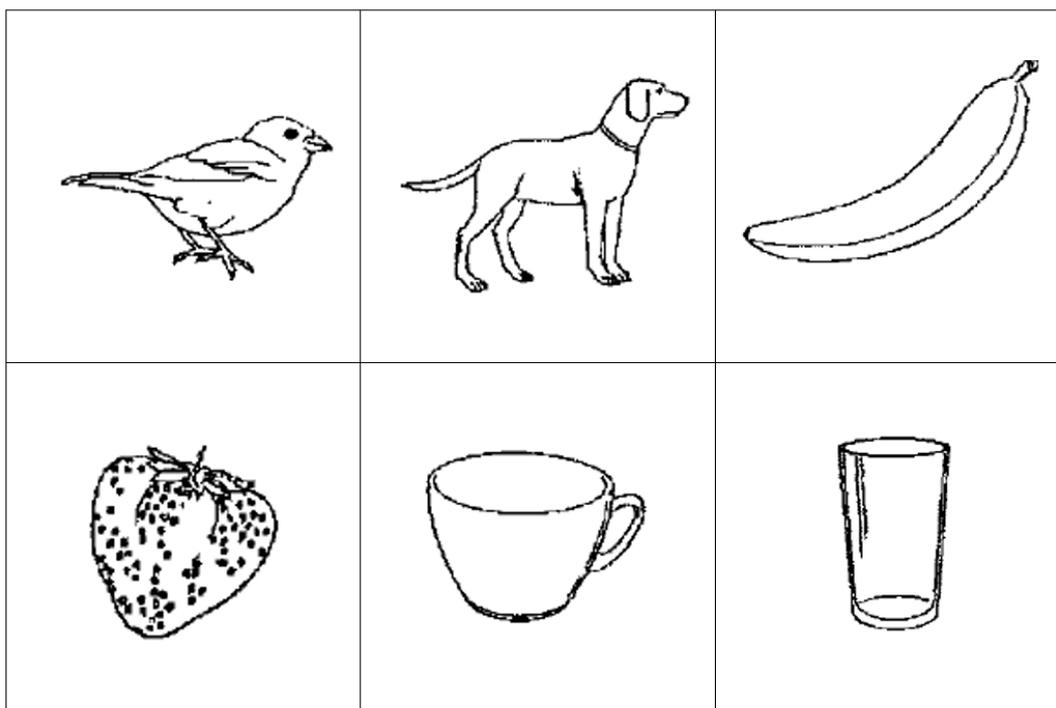


Caractéristiques des items de la liste B

Mot	Fréquence niv CP Manulex	Familiarité Alario et Ferrand (99)	Accord image Alario et Ferrand (99)	Complexité Alario et Ferrand (99)	Complexité visuelle Cycowicz (97)
Champignon	205.23	2.90	3.67	3.00	3.36
Feuille	506.57	3.60	3.27	2.76	2.93
Tomate	71.59	4.27	4.37	1.93	2.03
Carotte	71.14	3.90	4.47	3.07	1.93
Marteau	53.99	2.10	2.33	2.90	3.07
Râteau	55.10	2.47	3.97	2.17	2.78
Moyenne	160.603	3.207	3.680	2.638	2.548

Annexe D.5. Caractéristiques des items de la liste C

Dessins de la Liste C (Familiarisation ; Expérimentations 1 et 2)

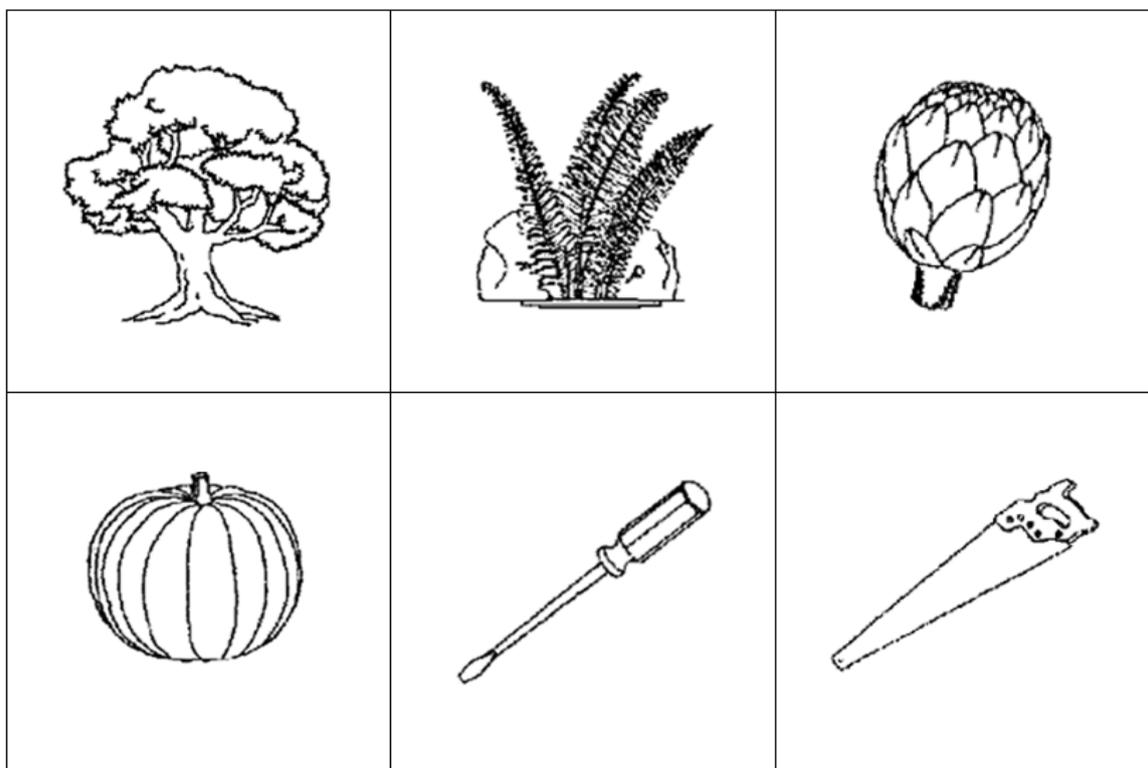


Caractéristiques des Items de familiarisation de la Liste C

Mot	Fréquence niv CP Manulex	Familiarité Alario et Ferrand (99)	Accord image Alario et Ferrand (99)	Complexité Alario et Ferrand (99)	Complexité visuelle Cycowicz (97)
Oiseau	840.92	3.87	3.90	3.38	4.07
Chien	850.61	3.80	2.23	2.76	3.8
Banane	213.41	3.87	4.60	1.21	1.87
Fraise	201.70	3.20	3.03	2.76	2.86
Tasse	124.33	4.83	3.60	1.69	2.47
Verre	317.14	4.97	3.63	1.93	2.13
Moyenne	424.685	4.09	3.498	2.288	2.867

Annexe D.6. Caractéristiques des items de la liste D

Dessins de la Liste D (Familiarisation ; Expérimentations 1 et 2)

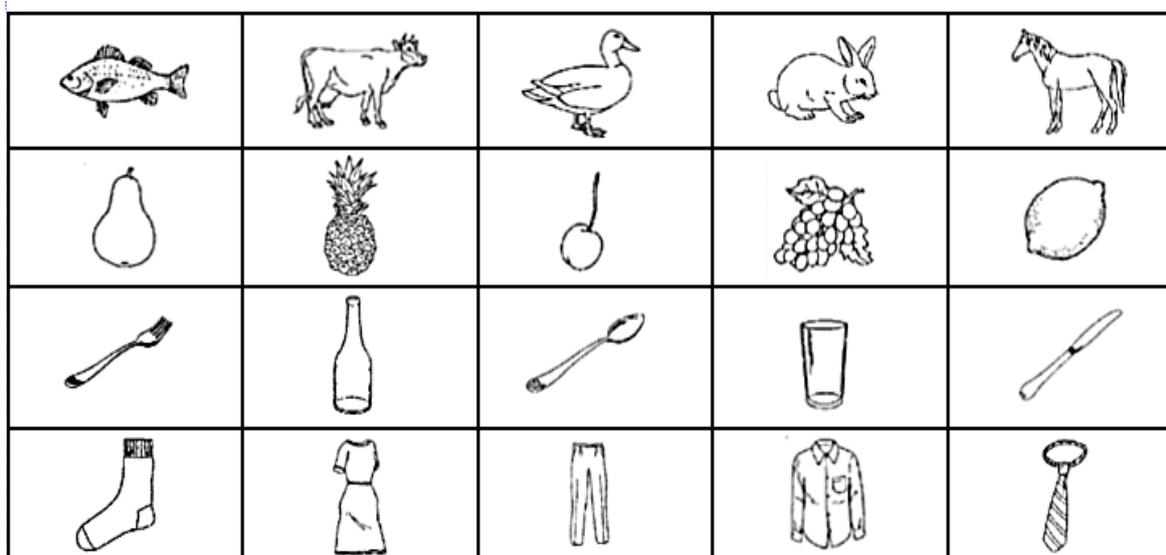


Caractéristiques des items de familiarisation Liste D

Mot	Fréquence niv CP Manulex	Familiarité Alario et Ferrand (99)	Accord image Alario et Ferrand (99)	Complexité Alario et Ferrand (99)	Complexité visuelle Cycowicz (97)
Arbre	666.19	4.60	3.37	4.31	3.27
Fougère	3.83	1.83	2.97	4.21	2.67
Artichaut	3.85	2.13	4.23	3.59	2.75
Citrouille	8.14	1.90	3.60	2.34	2.87
Tournevis	5.01	2.47	4.37	2.31	2.36
Scie	15.40	1.97	4.60	2.41	2.85
Moyenne	226.447	2.483	3.857	3.195	2.795

Annexe D.7. Caractéristiques des items de la liste E

Dessins de la Liste E (Test ; Expérimentation 2)

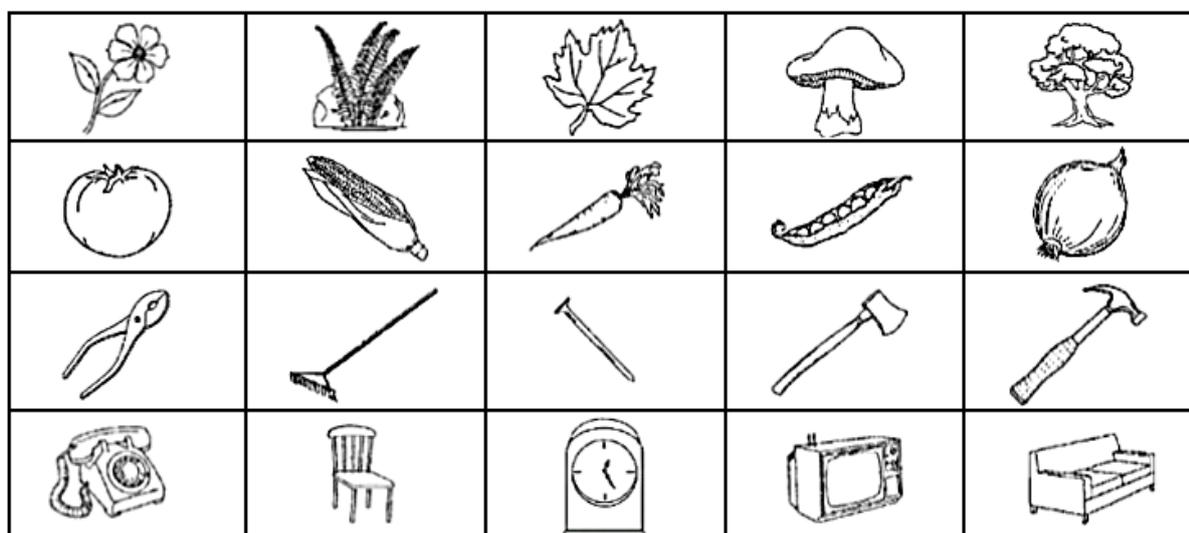


Caractéristiques des items de la Liste E

Mot	Fréquence niv CP Manulex	Familiarité Alario et Ferrand (99)	Accord image Alario et Ferrand (99)	Complexité Alario et Ferrand (99)	Complexité visuelle Cycowicz (97)
Poisson	831.15	3.33	3	3.48	3.13
Vache	213.20	2.63	3.40	3.59	3.89
Canard	201.77	2.50	3.47	2.97	3.6
Lapin	483.20	2.67	4.07	3.14	3.93
Cheval	354.31	2.63	4.07	3.93	3.53
Poire	97.68	3.37	4.40	1.14	1.93
Ananas	63.38	2.73	4.77	4.52	4.12
Cerise	85.66	3.13	3.77	1.34	2.19
Raisin	59.09	3.60	4.20	3.76	2.53
Citron	126.20	3.63	4.83	1.72	2.20
Fourchette	47.33	4.90	4.00	2.66	2.67
Bouteille	93.80	4.20	4.00	1.83	2.33
Cuillère	85.07	4.93	3.83	2.38	2.20
Verre	317.14	4.97	3.63	1.93	2.13
Couteau	92.95	4.97	2.80	1.59	2.31
Chaussette	19.56	4.97	3.20	1.79	1.8
Robe	285	3.40	1.80	2.07	2.24
Pantalon	144.02	4.87	3.40	2.28	1.87
Chemise	198.93	4.37	3.80	3.10	3.33
Cravate	54.73	3.33	3.80	2.66	2.8
Moyenne	192.719	3.757	3.712	2.594	2.737

Annexe D.8. Caractéristiques des items de la liste F

Dessins de la Liste F (Test ; Expérimentation 2)



Caractéristiques des items de la Liste F

Mot	Fréquence niv CP Manulex	Familiarité Alario et Ferrand (99)	Accord image Alario et Ferrand (99)	Complexité Alario et Ferrand (99)	Complexité visuelle Cycowicz (97)
Fleur	693.55	3.93	3.40	2.93	2.40
Plante	60.71	1.83	2.97	4.21	2.67
Feuille	506.57	3.60	3.27	2.76	2.93
Champignon	205.23	2.90	3.67	3.00	3.36
Arbre	666.19	4.60	3.37	4.31	3.27
Tomate	71.59	4.27	4.37	1.93	2.03
Maïs	35.55	3.10	3.90	4.21	3.33
Carotte	71.14	3.90	4.47	3.07	1.93
Petits Pois	79.14	2.90	2.70	2.86	2.13
Oignon	42.88	2.87	2.80	3.59	2.92
Pince	38.55	2.07	3.57	2.24	3.48
Râteau	55.10	2.47	3.97	2.17	2.78
Clou	115.18	2.70	4.37	1.66	1.50
Hache	37.44	1.57	4.20	2.55	2.19
Marteau	53.99	2.10	2.33	2.90	3.07
Téléphone	214.41	4.93	3.20	3.10	4.27
Chaise	157.77	4.93	3.13	2.24	2.27
Horloge	58.08	4.73	1.70	2.14	2.93
Télévision	275.98	4.43	2.97	3.28	3.73
Canapé	19.06	4.40	3.17	2.31	3
Moyenne	172.906	3.412	3.377	2.873	2,781

Annexe D.9. Test de traçage de piste CHILDREN'S COLOR TRAILS TEST

Planche 1 contrôle (Format réel A4)

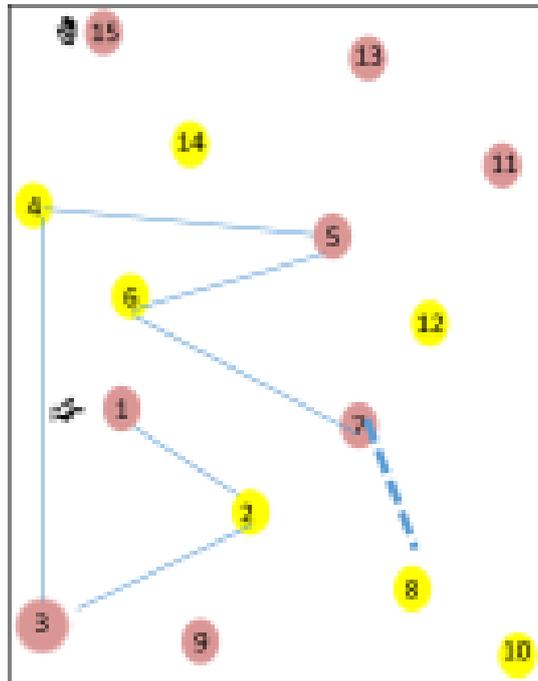
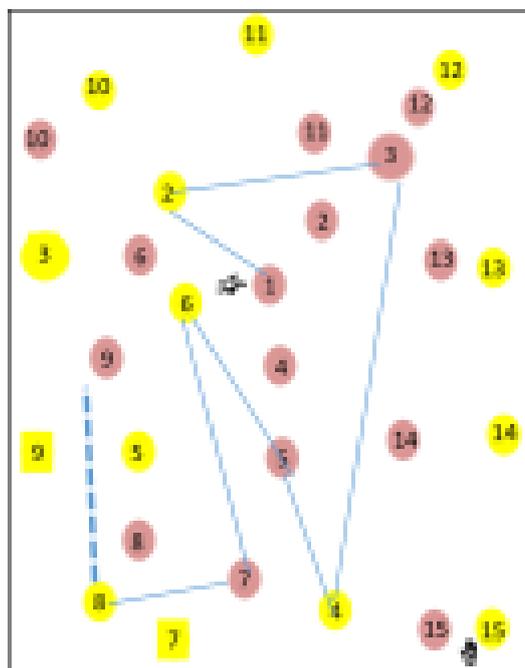


Planche 2 Alternance/Switching (Format réel A4)



Annexe D.10. Synthèse des analyses préliminaires de l'étude 3 – TREFLE

Expérimentation 1 : Grande Section

Tableau 29.

Effets du genre et de l'ordre de présentation des listes sur les performances moyennes de réalisation de la tâche de mémorisation (scores moyens de rappel et d'autorépétition) en Pré et Post-test (MANOVA 1) puis en Transfert (MANOVA 2) de l'expérimentation 1(GS) – étude 3 TREFLE

Effet	W	F(2,63)	p	η^2 partiel
Prétest vs Post-test				
Genre	.988	.372	.691	.012
Liste	.987	.421	.658	.013
Genre*Liste	.993	.208	.813	.007
PHASE	.663	15.994	.000***	.337
PHASE*Genre	.992	.259	.773	.008
PHASE*Liste	.946	1.811	.172	.054
PHASE*Genre*Liste	.995	.173	.842	.005
Transfert				
Genre	.995	.149	.862	.005
Liste	.993	.224	.800	.007
Genre*Liste	.941	1.963	.149	.059

Notes : *** $p < .001$.

Expérimentation 2 : Cours Préparatoire

Tableau 30.

Effets du genre et de l'ordre de présentation des listes sur les performances moyennes de réalisation de la tâche de mémorisation (scores moyens de rappel et de groupement catégoriel) en Pré et Post-test (MANOVA 1) puis en Transfert (MANOVA 2) de l'expérimentation 2 (CP) – étude 3 TREFLE

Effet	W	F(3,45)	p	η^2 partiel
Prétest vs Post-test (a)				
Genre	.924	1.236	.308	.076
Liste	.864	2.367	.083	.136
Genre*Liste	.878	2.082	.116	.122
PHASE	.408	21.803	.000***	.592
PHASE*Genre	.896	1.745	.171	.104
PHASE*Liste	.923	1.255	.301	.077
PHASE*Genre*Liste	.989	.160	.923	.011
Transfert (b)				
Genre	.891	1.708	.180	.109
Liste	.828	2.913	.045*	.172
Genre*Liste	.943	.846	.477	.057

Notes : * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

En raison de données manquantes, l'effectif diffère entre les deux MANOVA :

- MANOVA 1 *Prétest vs Posttest* $n = 51$ participants.
Données manquantes de 21 participants (entraînés : 8 filles, 5 garçons, âge moyen 7 ans ; non entraînés : 5 filles, 3 garçons, âge moyen 6 ans 11 mois).
- MANOVA 2 *Transfert* $n = 48$ participants.
Données manquantes de 24 participants (entraînés : 8 filles, 5 garçons, âge moyen 7 ans ; non entraînés : 6 filles, 5 garçons, âge moyen 6 ans 11 mois).

ANNEXE E

TABLEAU RECAPITULATIF DES TROIS EXPERIMENTATIONS ET VALORISATION ASSOCIEE

E1. RECAPITULATIF DES 3 EXPERIENCES DE LA THESE

	ETUDE 1 : PUZADAPT	ETUDE 2 : STRAFIX	ETUDE 3 : TREFLE
Population	106 enfants scolarisés en MS	58 enfants scolarisés en MS	140 enfants 68 scolarisés en GS 72 scolarisés en CP
Age	4 à 5 ans (<i>M</i> = 52 mois, <i>SD</i> = 3,85 mois, 57 filles)	4 à 5 ans (<i>M</i> = 51 mois, <i>SD</i> = 3,37 mois, 32 filles)	5 à 7 ans GS (<i>M</i> = 66 mois, <i>SD</i> = 4,5 mois, 30 filles) CP (<i>M</i> = 78 mois, <i>SD</i> = 5,55 mois, 36 filles)
Nature	longitudinale	transversale	transversale
Objectif principal	Evaluer le rôle joué par la flexibilité cognitive et la métacognition sur la capacité à se fixer un but et à s'adapter aux contraintes de l'environnement pendant la réalisation d'un puzzle.	Evaluer le rôle joué par la flexibilité cognitive et la métacognition sur la fixation du but et sur l'utilisation d'une stratégie d'auto-identification du but (<i>pointage</i> et <i>verbalisation</i>) entraînée. Tester l'efficacité de l'entraînement à l'utilisation de ces stratégies. (Phénomènes de DU et t-UD).	Evaluer le rôle joué par la flexibilité cognitive sur les performances de rappel et de transfert d'une stratégie mnésique entraînée Tester l'efficacité de l'entraînement à l'utilisation de ces stratégies (phénomènes de DU et t-UD).
Hypothèses	Les enfants les plus flexibles et les plus métacognitifs sont ceux qui s'adapteront le mieux en changeant de but d'apprentissage suite à une modification dans l'environnement. Ils seront aussi ceux qui réalisent le mieux (plus de pièces correctement posées) les puzzles. Les performances s'amélioreront avec le temps : les différents scores au 2 ^e point de mesure (4,5 ans) seront meilleures que celles du 1 ^{er} point de mesure (4 ans).	Les enfants les plus flexibles et les plus métacognitifs devraient obtenir les meilleures performances aux tâches proposées (se fixer un but : règle du jeu de carte) et pour produire et transférer la stratégie entraînée. L'entraînement stratégique devrait être bénéfique. Les enfants entraînés devraient obtenir de meilleurs résultats dans la production de la stratégie et dans la réalisation de la tâche, en tâche principale et en tâche de transfert, comparativement à ceux non entraînés qui pourraient, eux, avoir de moins bonnes performances et présenter davantage de DU et/ou t-UD.	Les enfants les plus flexibles devraient obtenir les meilleures performances aux tâches de rappel proposées et pour produire et transférer la stratégie mnésique. Les enfants dont le score de flexibilité est faible devraient présenter une t-UD car cela implique effort et coût cognitif ; pas ceux dont le score de flexibilité est élevé. L'entraînement à l'utilisation de la stratégie et l'information métacognitive sur son utilité donnée à l'enfant devrait être bénéfique et ne pas faire apparaître de t-UD chez les enfants entraînés contrairement à ceux non entraînés.
VI	CONDITION {Contrôle ; Prévisible ; Imprévisible} AGE : {4 ans ; 4,5 ans}	GROUPE {Contrôle ; entraîné}	GROUPE {Contrôle ; entraîné} AGE {5 ans ; 6 ans}
VD	SCORES BUT But choisi parmi 3 procédures : {1 contour, 2 contiguïté, 3 aléatoire} Changement de But après contrainte : {oui ; non} SCORES PUZZLE : ratio nb pièces SCORES FLEXIBILITÉ : DCCS et TRAIL-P SCORES METACOGNITION CHILD et Mcki adapté	SCORE BUT Buts fixés pendant le jeu de cartes indicées {couleur ; forme/animaux} = Nb cartes correctement triées SCORES STRATEGIQUES Utilisation ou non de la stratégie entraînée {Verbalisation ; Pointage} SCORES DE FLEXIBILITÉ : DCCS et TRAIL-P SCORES DE METACOGNITION CHILD et Mcki adapté SCORE global de FE : CHEXI Mesures d'intelligence globale Matrices Progressives colorées de RAVEN (PM47)	SCORES de RAPPEL nombre de mots correctement rappelés pendant la tâche de mémorisation SCORES STRATEGIQUES Utilisation ou non de la stratégie entraînée {autorépétition / sorting ; clustering} SCORES DE FLEXIBILITE DCCS et CTC
Outils spécifiques	Planches Nounours de Choix de But : PNCB © PUZZLES et Grilles de tri	Jeu de cartes Grilles de tri Support pointage	Images à mémoriser

Notes : MS = Moyenne Section de Maternelle ; GS = Grande Section de Maternelle ; CP = Cours Préparatoire d'Elémentaire

E.2. Etat de la valorisation des études de la thèse

Valorisation	Communication Orale	Publication Ecrite
Construction cadre théorique		<p>Leclercq, M., & Clerc, J. (2018). Bouc émissaire et apprentissages autorégulés : quand l'élève doit choisir entre apprendre et aller bien. In R. Casanova et F-M. Noguès (Eds.), Bouc émissaire: le concept en contextes (pp. 229-237). Lille : Presses Universitaires du Septentrion.</p> <p>Clerc, J., Rémy, L. & Leclercq, M. (2017). Quand le transfert d'une stratégie cognitive devient efficace : une étude longitudinale entre 4 et 5 ans. <i>Enfance</i>, 2, 217-237. doi:10.4074/S001375451700204X</p>
Etude 1 : PUZADAPT	<p>Leclercq, M., & Clerc, J. (2019). <i>Influence de la flexibilité et du milieu sur les changements de but d'apprentissage : une étude longitudinale</i>. 12^e colloque du Réseau Interuniversitaire de Psychologie du Développement et de l'Education (RIPSYDEVE 2019), Bordeaux, 23-24 mai.</p> <p>Leclercq, M., & Clerc, J., (2018). <i>L'enfant face aux puzzles : buts et flexibilité</i>. 13^e édition de Journée Scientifique des Jeunes Chercheurs (JSJC), Villeneuve d'Ascq, 23 novembre.</p> <p>Leclercq, M., & Clerc, J., (2018). <i>Cognitive flexibility and self-regulated learning in young children</i>. Présentation en réunion d'axe avec A. Elliot comme invité, Université de Lille, 18 Juillet.</p> <p>Leclercq, M., & Clerc, J. (2017). <i>Flexibilité cognitive et fixation du but chez le jeune enfant</i>. Conférence invitée au Workshop annuel du Projet LINUMEN, ESPE Nancy, 7 décembre.</p>	<p>Leclercq, M., & Clerc, J. (<i>en préparation</i>). Influence de la flexibilité et de la métacognition sur les changements de but d'apprentissage face à un puzzle: une étude longitudinale.</p>
Etude 2 : STRAFIX	<p><i>En prévision</i> Poursuite recueil données AAP INSPE LNF Inclusion (population vulnérable)</p>	
Etude 3 : TREFLE	<p>Leclercq, M., Déro, M. & Clerc, J. (2016). <i>Apprendre en étant flexible : Mémorisation du vocabulaire de base entre 5 et 7 ans</i>. Journée d'Etude sur l'Effcience, ESPE Villeneuve d'Ascq, 8 Novembre.</p> <p>Leclercq, M., Déro, M. & Clerc, J. (2016). <i>Cognitive strategies, transfer and flexibility in preschoolers</i>. Conférence invitée au Learning and Development Lab de l'Université d'Etat de San Francisco, 24 Octobre.</p> <p>Clerc, J., Leclercq, M., & Déro, M. (2016). <i>Déficiences d'utilisation dues au transfert: le rôle différentiel des capacités de flexibilité chez l'enfant</i>. 22^e Journées Internationales de Psychologie Différentielle, Chambéry, 22-24 juin.</p> <p>Leclercq, M., Benoist, C., Déro, M., & Clerc, J. (2016). <i>Efficacité d'une stratégie d'autorépétition sur le rappel avant et après transfert: effet de l'entraînement</i>. Poster présenté au 9^e colloque du Réseau Interuniversitaire de Psychologie du Développement et de l'Education (RIPSYDEVE 2016), Louvain La Neuve, 19-20 mai.</p>	<p>Clerc, J., Leclercq, M., Paik, J., & Miller, P., H., (2021). Cognitive flexibility and strategy training allow young children to overcome transfer-Utilization Deficiencies. <i>Cognitive Development</i> ;57, 100997. doi.org/10.1016/j.cogdev.2020.100997</p>