



**HAL**  
open science

# Les sciences cognitives au service de la réussite scolaire des collégiens : bénéfices d'un programme pédagogique métacognitif axé sur le fonctionnement cérébral et cognitif dans les apprentissages

Pauline Allix

## ► To cite this version:

Pauline Allix. Les sciences cognitives au service de la réussite scolaire des collégiens : bénéfices d'un programme pédagogique métacognitif axé sur le fonctionnement cérébral et cognitif dans les apprentissages. Psychologie. Normandie Université, 2021. Français. NNT : 2021NORMC029 . tel-03545413

**HAL Id: tel-03545413**

**<https://theses.hal.science/tel-03545413>**

Submitted on 27 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.



Normandie Université

## THÈSE

**Pour obtenir le diplôme de doctorat**

**Spécialité PSYCHOLOGIE**

**Préparée au sein de l'Université de Caen Normandie**

**Les sciences cognitives au service de la réussite scolaire des collégiens : Bénéfices d'un programme pédagogique métacognitif axé sur le fonctionnement cérébral et cognitif dans les apprentissages**

**Présentée et soutenue par  
PAULINE ALLIX**

**Thèse soutenue le 06/12/2021  
devant le jury composé de**

M. JEROME CLERC	Professeur des universités, Université Grenoble Alpes	Rapporteur du jury
MME VALERIE PENNEQUIN	Professeur des universités, Université de Tours François Rabelais	Rapporteur du jury
M. JEROME PRADO	Chargé de recherche HDR, Université Lyon 1 Claude Bernard	Membre du jury
M. FRANCK RAMUS	Directeur de recherche au CNRS, ENS-PSL	Président du jury
MME SANDRINE ROSSI	Professeur des universités, Université Caen Normandie	Directeur de thèse

**Thèse dirigée par SANDRINE ROSSI, Laboratoire de Psychologie de Caen Normandie**



UNIVERSITÉ  
CAEN  
NORMANDIE



LABORATOIRE  
DE PSYCHOLOGIE  
CAEN NORMANDIE

## REMERCIEMENTS

*« Connais-toi toi-même »*

*« Ce que je sais, c'est que je ne sais rien »*

Socrate

*J'y ai souvent songé et j'étais probablement la seule à croire que je n'irais pas jusqu'au bout... Et pourtant, ce moment est enfin arrivé. Ainsi, c'est l'occasion, pour moi, de remercier toutes les personnes qui ont, de près ou de loin, façonné mon parcours.*

*Mes premiers remerciements vont à ma directrice de thèse, la Professeure Sandrine Rossi. Les mots ne suffisent pas pour vous dire à quel point je vous suis reconnaissante de m'avoir accompagnée durant toutes ces années (ça remonte à la L3 tout de même). Merci d'avoir cru en moi, d'avoir accepté cette thèse (une première pour chacune de nous !). Merci pour la confiance indéfectible que vous m'avez accordé malgré les moments difficiles, mais surtout merci de m'avoir guidée et toujours poussée vers le meilleur de moi-même. J'ai, un profond respect et une grande admiration pour la rigueur dont vous faites preuve au quotidien (et ça, ça n'est jamais trop), pour la force qui vous caractérise, et pour la manière qui est la vôtre de profiter des choses simples. Je n'oublierai ainsi jamais mon baptême de l'air au Canada, l'érablière, la poutine... ni même Porto et sa fête de la sardine ! Je crois pouvoir dire que c'est plus qu'une thèse que vous m'avez permis de réaliser, alors merci d'avoir fait de moi celle que je suis devenue.*

*Je tiens également à remercier les Professeurs Valérie Pennequin et Jérôme Clerc de me faire l'honneur de rapporter ce travail de thèse, ainsi que le Professeur Franck Ramus et le Docteur Jérôme Prado pour avoir accepté de l'examiner. Je vous suis très reconnaissante d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse et pour le temps que vous aurez consacré à l'évaluation de mon travail (et aussi à Sygal !).*

*À tous les collégiens de Lessay et de Saint-Clair-sur-l'Elle, à qui cette thèse est dédiée ! Vous étiez ma préoccupation première, vous m'avait fait vibrer et, sans le savoir, vous m'avez fait tenir pendant ces quatre années ! Un grand merci à eux et à leurs parents qui ont accepté de participer à ce projet d'envergure et sans qui cette thèse n'aurait jamais vu le jour.*

*J'adresse toute ma gratitude aux directrices et directeurs des Collèges G. Desdevises du Désert et Jean Grémillon ainsi qu'à l'ensemble des enseignants et personnels pour leur participation, sans qui cette thèse aurait été inimaginable. Je remercie Claire, Sandrine, Marie-Hélène, Céline, Véronique, Frédéric, Lucie, Virginie et tous les autres, pour les heures passées à lire, réfléchir et construire le programme pédagogique. Des moments, de joie et de douleur (pas trop, je l'espère), pour un résultat incroyable ! Je remercie l'ensemble des enseignants et personnels du Collège Jean Grémillon pour avoir relevé le défi d'endosser le*

*rôle de groupe contrôle. Ensemble, nous montrons qu'il est possible d'allier recherche et éducation en France ! Je vous remercie également, respectivement, pour votre accueil chaleureux, à chaque fois, de notre équipe de recherche comme de notre équipe de psychologues. J'ai une pensée toute particulière pour Vincent Pesnel, l'homme passionné et convaincu, qui a cru, pensé, et fait naître ce projet fou !*

*Mes prochains remerciements s'adressent à tous les collègues psychologues qui ont contribué aux phases d'évaluations et aux milliers de données récoltées : Élodie, Charline, Hélène, Pierre, Romane, Charlène, Audrey, Mireille, Morgane et Romain. Des moments brefs et intenses partagés avec vous, entre fous rires et galères, mais sans vous, je n'aurais rien pu faire dans les délais ou alors je serai morte d'épuisement...*

*Je tiens à remercier les membres du Laboratoire de Psychologie Caen Normandie aux côtés desquels j'ai grandi. En tout premier lieu, je remercie Marjorie Rocques qui, en plus de m'avoir beaucoup appris cliniquement, m'a fortement incitée à entreprendre cette thèse. Ensuite, je tiens particulièrement à remercier Amélie Lubin et Céline Lanoë. Merci pour votre enthousiasme, votre soutien, vos encouragements, et votre disponibilité aussi ! Merci à Marc Aguert de m'avoir guidé sur le chemin fabuleux des statistiques depuis le début, et maintenant avec son nouvel acolyte Arnaud Mortier, merci pour les discussions folles et les blagues pourries dont je ne cesserai de rire, merci tout simplement d'être qui tu es ! J'espère, un jour, rencontrer ton ou ta futur(e) thésard(e) ;) Enfin, je remercie Arnaud Mortier qui s'est arraché les cheveux et qui a largement contribué aux analyses statistiques de cette thèse !*

*J'ai une pensée pour Céline Truffaut et Bérengère Salze qui m'ont toute deux transmis le métier de psychologue, et plus encore une réflexion au service de l'autre qui n'a cessé de guider ce travail.*

*Merci aux membres de mon comité de suivi de thèse, Cécile Bellanger et Cyrille Le Jamtel, de leur disponibilité, de leur écoute et de leur bienveillance tout au long de ces quatre années.*

*Je ne saurais oublier mes supers collègues, passés et actuels, qui ont rendu le chemin moins éprouvant. À Victoria, un modèle de réussite et une collègue devenue amie. Merci pour tes conseils, nos discussions interminables, passant du rire aux larmes, et ton soutien sans faille. Grande dédicace à la Team 403 !! Merci à Nicolas, mon compère de la première heure avec*

qui j'ai traversé à peu près tous les étapes et états ! Merci à Pauline, Maxime et Fabien d'avoir agrandi le cercle et pour les discussions stat' existentielles ! Merci Marie, pour ta si belle joie de vivre et ton naturel qui embellissent n'importe quelle journée ! Dédicace à Simsim, souviens-toi, « La cognition est aux apprentissages ce que le pompier est au feu » et « L'alcool est au cerveau ce que la souris est au gruyère » (Unpublished because covid, 2021). Entre ta petite artère, ton corps de fragile, et tes AVC à répétition qui m'ont fait mourir de rire, je n'oublierai pas toutes nos grandes discussions passionnées et rêveuses, ta sensibilité clinique, et tes blagues pouet pouet. Mais la famille qui rend triste ne s'arrête pas là, hein Marion ;) Avec toi, c'est la spontanéité qui arrive, les titres (oups), les coups de gueule, sans oublier les astuces de pauvres (parce qu'on est des anciennes pauvres devenues riches !!!). Ma guégué, une magnifique rencontre, il n'y a pas assez de mots pour décrire tout ce que l'on a partagé ensemble... Je te remercie particulièrement pour ta présence dans les moments difficiles ! Merci à Soso, toi qui a supporté mes incessantes ronchonnades ! Merci à Charlotte qui nous apporte douceur et sérénité mais qui cache bien son jeu ;) J'ai une pensée pour Camille qui supporte avec beaucoup de patience tous nos délires, comme si elle n'était pas tombée au milieu d'une bande de fou ! Enfin, je pense à Sandrine, mon binôme de la dernière heure, sans qui cette fin de thèse n'aurait clairement pas eu la même couleur ! Une folie à deux à la MRSH, une coupure d'électricité, puis d'eau, les abeilles, et les nouveaux copains de la Mag', que de souvenirs... Merci à chacun de vous pour les personnes extraordinaires que vous êtes. Je suis riche d'avoir eu l'opportunité de vous rencontrer, de vous découvrir, d'avoir travaillé à vos côtés, d'avoir transcendé les débats les plus improbables, d'avoir ri à ne plus savoir en respirer et d'avoir partagé les pires moments possibles avec vous. Vous m'avez tant aidée et inspirée, cette thèse en est le reflet, et ça n'est pas prêt de s'arrêter je crois !

Mes pensées vont également à toutes les étudiantes que j'ai encadrées et qui ont ponctué mon parcours doctoral. Je pense à Noémie et Aude, deux étudiantes en orthophonie que j'ai eu l'opportunité de rencontrer et qui, au travers de longues discussions, m'ont offert un regard différent de par leur parcours. Je pense à Aglaé, Manon, Audrey, Déborah et Rachel avec qui j'ai travaillé et qui ont largement contribué à la cotation, la saisie et le traitement des données. Je pense également à Amélie, Emmanuelle, Laetitia, Agathe et Justy, dont je me suis enrichie au travers de leur accompagnement professionnel. Plus globalement, j'ai aussi une pensée pour tous les étudiants rencontrés dans mon parcours d'enseignante, qui ont été,

*sans le savoir, les cobayes d'essais métacognitifs, et qui m'ont, d'année en année, beaucoup appris.*

*J'adresse également ma reconnaissance aux personnes qui agissent dans l'ombre, dont le travail a permis ou a facilité ce travail de thèse au quotidien. Aussi, je tiens à remercier la Région Normandie pour le financement de ce travail de thèse et la Fondation de France pour avoir soutenu nos besoins humains et matériels. Je souhaite également remercier l'École Doctorale Homme Société Risque et Territoire pour son soutien et sa disponibilité, et les compétences représentationnelles qu'elle m'a permis d'acquérir en tant que représentante des doctorants. Mes pensées vont également à Viviane Cointrel, un trésor, Dominique Hureaux, que j'ai dû faire hurler parfois, et à toute l'équipe de scolarité de l'UFR de Psychologie, qui est toujours prête à aider !*

*Je remercie du fond du cœur Mesdames Goubin et Brodin, les professionnelles qui m'ont accompagnée et m'ont permis de m'épanouir dans le chemin initiatique qu'est le travail de thèse.*

*Ma reconnaissance va également à l'entreprise Paul Marie à Courseulles-sur-mer et notamment à Jean-François, Edmond, Karine, Olivier et Virginie qui, aux heures les plus sombres du confinement, m'ont fait une place parmi eux en me prêtant un bureau, pour que je parvienne enfin à écrire trois mots de ce manuscrit !*

*Ces remerciements ne seraient pas complets si je n'avais pas un mot pour les agents de la sécurité de la fac ! Ils ont désespérément sauvé ce dernier été de travail, et sans eux, je ne serais pas rentrée chez moi une semaine avant de déposer cette thèse...*

*Je remercie bien évidemment ma famille : mes parents, ma sœur, mes frères, mes neveux et nièces de m'avoir toujours soutenue et encouragée même si vous ne compreniez pas toujours ce que je pouvais bien faire de mes journées. Une pensée toute spéciale pour ma grande sœur, toi qui m'a conseillée, relue, corrigée à plusieurs reprises et dont je tire la force chaque jour pour avancer.*

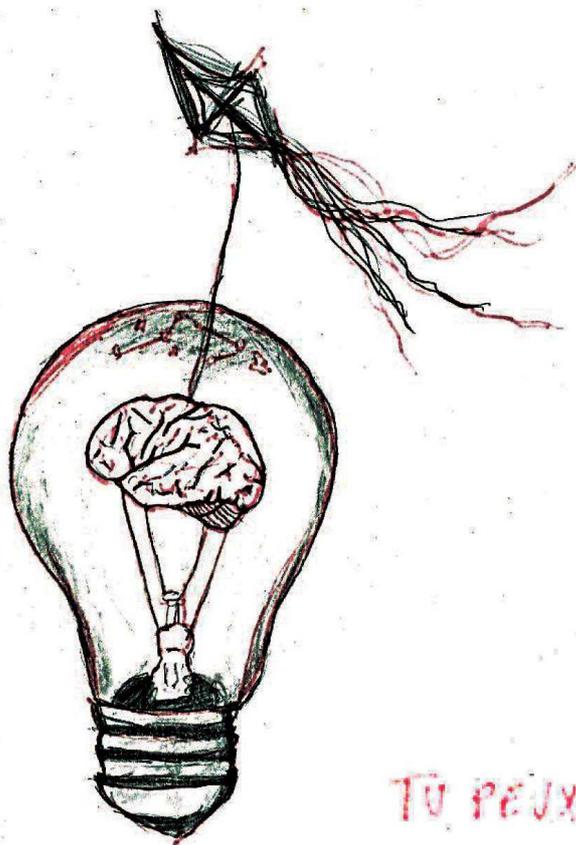
*Des remerciements sont de mises aussi pour mes amis les plus proches que j'ai malmené pendant ces quatre dernières années ! Même si nos vies ont changé, je ne vous remercierai jamais assez d'avoir répondu présent et d'être restés les gamins qu'on était... La famille, il*

*n'y a que ça de vrais de toute façon ! Anaïs, ma chérie, je te remercie tout particulièrement pour ta compréhension, ton attention et ton soutien jusqu'au bout !*

*Enfin, un grand merci à Choubidou. Tu as supporté, tant bien que mal, que la thèse passe avant toi, avant nous. À ta façon, tu m'as toujours poussé à aller de l'avant même quand j'étais dans le creux de la vague. Tu m'as offert la possibilité de sortir de ma bulle et de grandir au travers l'achat et la rénovation de notre cocon. Au final, tu avais raison, on s'en est sorti. Cette thèse, c'est donc aussi un peu la tienne, un hymne à la vie, un cheval de bataille, mais aussi une victoire et le début d'une nouvelle aventure !*

*Merci à toutes celles et ceux dont le chemin a croisé le mien et qui, d'une façon ou d'une autre, ont aussi contribué à ce travail.*

Keep in mind: Une crise facile n'est pas  
une crise...! De chaque difficulté sortira une  
nouvelle idée!



TU PEUX LE FAIRE!!

# RÉSUMÉ

Depuis plus d'une décennie, les rapports nationaux et internationaux concernant le système éducatif français se succèdent et mettent en lumière que les élèves français ont un faible niveau scolaire. Pour répondre à cette problématique, l'un des objectifs de la réforme du Collège est de permettre à tous les élèves d'apprendre à apprendre. Toutefois, les enseignants manquent d'outils auxquels se référer pour atteindre cet objectif. Les apports des sciences cognitives sur les processus cognitifs à l'œuvre dans les apprentissages nous amènent alors à investiguer les processus de gestion de la cognition. La métacognition apparaît comme un des processus à cibler pour favoriser la réussite scolaire des élèves. Au regard de l'importance et de l'intérêt de la métacognition, de nombreux programmes d'intervention ont vu le jour. Malgré des résultats probants, il n'existe pas, à notre connaissance, de programme validé en langue française qui soit applicable par les enseignants. Sur la base des recommandations proposées dans la littérature, nous avons conçu, en partenariat avec une équipe pédagogique, un programme pédagogique métacognitif (PPM) axé sur le fonctionnement cérébral et cognitif dans les apprentissages. Ainsi, l'objectif de ce travail de thèse est de déterminer, par un suivi longitudinal, les bénéfices de ce programme sur la réussite scolaire d'élèves de collège. Nous avons suivi des élèves de 6<sup>ème</sup> pendant trois ans, qui ont bénéficié ou non, pendant les deux premières années de collège, d'une séance hebdomadaire du PPM « *Connaissance de soi* ». Les élèves ont été évalués avec accord parental avant toute intervention (à l'entrée en 6<sup>ème</sup>) puis à 2 reprises (en fin de 6<sup>ème</sup> et en fin de 5<sup>ème</sup>). Un post-test différé était prévu un an après (en fin de 4<sup>ème</sup>) mais celui-ci n'a pu se tenir en raison de la crise sanitaire COVID-19. Les évaluations ont porté sur les connaissances des élèves sur le fonctionnement cérébral et cognitif, leurs capacités métacognitives, leur sentiment d'auto-efficacité, leurs capacités mnésiques, attentionnelles, intellectuelles, cognitives, et leurs performances scolaires. Les résultats de cette expérimentation n'ont pas montré d'effet significatif du PPM sur les performances scolaires des élèves mais ont mis en évidence qu'il favorisait les connaissances de tous les élèves sur le fonctionnement cérébral et cognitif. Il semble également qu'il ait amélioré la perception que certains élèves en difficulté avaient d'eux-mêmes en tant qu'apprenant. Le programme pédagogique présenté, visant le développement de la métacognition, pourrait constituer un des leviers possibles pour favoriser la réussite des collégiens tout en promouvant une démarche d'évaluation des pratiques éducatives.

**Mots-clés :** Éducation, Réussite scolaire, Métacognition, Pratiques pédagogiques

# ABSTRACT

For more than a decade, national and international reports on the French education system have been highlighting the low academic level of French students. The middle school reform attempted to answer this issue with the objective of providing all students to learn how to learn. However, teachers lack the tools they need to achieve this objective. The contributions of cognitive sciences on the cognitive processes involved in learning lead us to investigate cognitive control processes. Metacognition finally appears to be one of the key processes in order to promote students' academic success. Many intervention programs have been developed given the importance and the interest of metacognition. In spite of convincing results, to our knowledge, there is not currently a French validated program suitable for teachers. Starting from actual recommendations, we designed in partnership with a teaching team, a metacognitive pedagogical program (MPP) based on brain and cognitive functioning in learning. Thus, through a longitudinal follow-up, the objective of this thesis is to determine the benefits of this program on the academic success of middle school students. We followed middle school 6<sup>th</sup> graders students for three years who benefited or not, during the first two years, from a weekly session of the MPP "*Connaissance de soi*". With parental consent, the students were assessed before the implementation of the MPP (at the beginning of the middle school 6<sup>th</sup> grade) and then twice (at the end of the middle school 6<sup>th</sup> grade and at the end of the middle school 5<sup>th</sup> grade). A delayed post-test was planned one year later (at the end of middle school 4<sup>th</sup> grade) but could not be held due to the COVID-19 health crisis. The ratings focused on students' own knowledge of brain and cognitive functioning, their metacognitive abilities, their sense of self-efficacy, their memory, attentional, intellectual and cognitive abilities, and their academic performance. The results of this experimentation did not show a significant effect of the MPP on the students' academic performance, but showed that it increased all students' knowledge of brain and cognitive functioning. It also appears to have improved perceptions of themselves as learners for some students with academic difficulties. Consequently, this pedagogical program presented, which aimed at the development of metacognition could constitute one of the possible ways to promote middle school students' success while promoting an approach to evaluate educational practices.

**Key-words :** Education, Academic success, Metacognition, Educational practices

# SOMMAIRE

<b>Introduction générale .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1 : Quel levier pour favoriser la réussite scolaire des collégiens ? .....</b>	<b>5</b>
1. Introduction .....	6
2. Les niveaux attendus et d'acquis en français et en mathématiques au collège .....	7
2.1. Connaissances et compétences attendues pour l'entrée au collège.....	7
2.1.1. Connaissances et compétences attendues en français.....	7
2.1.2. Connaissances et compétences attendues en mathématiques .....	9
2.2. Le niveau d'acquis des élèves au collège .....	11
2.2.1. Le niveau d'acquis des élèves en français .....	11
2.2.2. Le niveau d'acquis des élèves en mathématiques .....	17
2.3. Viser la réussite scolaire de tous les collégiens : la réforme du Collège .....	21
3. Les sciences cognitives au service de la réussite scolaire .....	23
3.1. Qu'est-ce que les sciences cognitives ? .....	23
3.2. La rencontre des sciences cognitives et de l'éducation.....	28
3.3. Les programmes pédagogiques favorisant la gestion de la cognition.....	30
3.3.1. Entraîner les capacités de contrôle cognitif.....	31
3.3.2. Développer les capacités d'autorégulation .....	34
3.3.3. Développer les capacités métacognitives .....	38
4. Une proposition : soutenir la métacognition de l'élève.....	42
4.1. Les rôles de la métacognition dans les apprentissages scolaires .....	42
4.2. Les impacts de la métacognition sur la réussite scolaire .....	47
5. Conclusion.....	52
<b>Chapitre 2 : La métacognition : théorie et mise en application en contexte scolaire .....</b>	<b>55</b>
1. Introduction .....	56
2. Le cadre conceptuel de la métacognition .....	56
2.1. Les composantes de la métacognition.....	57
2.1.1. Les connaissances métacognitives .....	57
2.1.2. Les expériences métacognitives .....	59
2.1.3. Les compétences métacognitives .....	61
2.2. Le fonctionnement de la métacognition.....	63
2.3. Les caractéristiques de la métacognition .....	69
2.3.1. Caractère explicite <i>versus</i> implicite.....	69
2.3.2. Caractère général <i>versus</i> spécifique .....	72
2.4. Le développement de la métacognition .....	74

3.	La mise en application de la métacognition en contexte scolaire .....	77
4.	Conclusion.....	91
<b>Chapitre 3 : Le programme pédagogique métacognitif « Connaissance de soi » :</b>		
<b>Conception et protocole de recherche .....</b>		<b>93</b>
1.	Problématique et contexte de la recherche .....	94
2.	Le Programme Pédagogique Métacognitif « Connaissance de soi » au collège .	98
2.1.	Le Programme Pédagogique Métacognitif de la classe de 6 <sup>ème</sup> .....	102
2.1.1.	Le cerveau.....	102
2.1.2.	L'intelligence .....	103
2.1.3.	L'apprentissage .....	104
2.1.4.	Les processus automatiques .....	105
2.1.5.	Le sommeil et les apprentissages .....	105
2.2.	Le Programme Pédagogique Métacognitif de la classe de 5 <sup>ème</sup> .....	107
2.2.1.	La mémoire .....	107
2.2.2.	L'attention.....	108
2.2.3.	Les fonctions exécutives .....	110
2.2.4.	Le rôle de l'erreur .....	111
3.	Protocole de recherche .....	111
3.1.	Participants.....	111
3.2.	Déroulé de l'expérimentation .....	114
3.3.	Matériel.....	116
3.3.1.	L'évaluation psychologique.....	116
3.3.1.1.	Les connaissances sur le fonctionnement cérébral et cognitif .....	117
3.3.1.2.	Les capacités métacognitives .....	118
3.3.1.3.	Le sentiment d'auto-efficacité .....	119
3.3.1.4.	Les capacités mnésiques, attentionnelles et d'apprentissage .....	120
3.3.1.5.	L'intelligence.....	124
3.3.1.6.	Les capacités exécutives .....	125
3.3.2.	L'évaluation scolaire.....	125
3.3.2.1.	L'évaluation en français.....	125
3.3.2.2.	L'évaluation en mathématiques .....	126
3.4.	Hypothèses opérationnelles .....	127
<b>Chapitre 4 : Résultats de l'expérimentation .....</b>		<b>131</b>
1.	Analyses des données obtenues avant l'intervention .....	132
1.1.	Validité de construit.....	132
1.2.	Lien entre les performances scolaires et les mesures psychologiques.....	133
1.3.	Description des collégiens .....	136
1.3.1.	Description de l'échantillon global.....	136

1.3.2.	Description des sous-échantillon en fonction de l'établissement scolaire.....	138
2.	Analyses des effets de l'intervention.....	145
2.1.	Effet du PPM sur les connaissances du fonctionnement cérébral et cognitif ..	145
2.1.1.	Analyses statistiques .....	145
2.1.2.	Effet du PPM sur les connaissances générales des élèves sur le cerveau.....	146
2.1.3.	Effet du PPM sur l'adhésion des élèves aux neuromythes .....	147
2.2.	Effet du PPM sur la réussite scolaire .....	147
2.2.1.	Analyses statistiques .....	147
2.2.1.1.	Calcul de score a posteriori .....	147
2.2.1.2.	Analyses de médiation .....	150
2.2.2.	Résultats .....	156
2.3.	Effets du PPM en fonction du Profil scolaire des élèves .....	159
2.3.1.	Analyses statistiques .....	159
2.3.2.	Les profils scolaires identifiés .....	160
2.3.3.	Effets sur les performances scolaires en français .....	166
2.3.4.	Effets sur les performances en mathématiques.....	167
2.3.5.	Effets sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires	168
2.4.	Effet de contenu de chaque année du PPM.....	171
2.4.1.	Effet de la première année du PPM sur la réussite scolaire.....	171
2.4.2.	Effet de la seconde année du PPM sur la réussite scolaire .....	174
3.	Synthèse.....	177
	<b>Chapitre 5 : Discussion Générale .....</b>	<b>179</b>
	<b>Conclusion .....</b>	<b>199</b>
	<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>202</b>
	<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>245</b>
	<b>Liste des figures .....</b>	<b>247</b>
	<b>Valorisation scientifique du travail de thèse .....</b>	<b>254</b>
	<b>Activités connexes au travail de thèse.....</b>	<b>256</b>



## INTRODUCTION GÉNÉRALE

*« De l'éducation du peuple de ce pays dépend le destin de ce pays »*

Disraeli, 1874

Dans notre société où les changements s'accroissent, il apparaît essentiel que les élèves d'aujourd'hui, qui sont aussi les citoyens de demain, soient en capacité de les affronter sereinement et de s'y adapter tout au long de leur vie. Ces capacités d'adaptation s'appuient, entre autres, sur les compétences en littératie et en numératie. Or, les rapports nationaux et internationaux tirent la sonnette d'alarme sur le niveau scolaire des collégiens français. Ils mettent en lumière que l'école semble être source d'échec scolaire, de par les inégalités scolaires qu'elle semble renforcer et les inégalités sociales qu'elle n'arriverait pas à enrayer. Les élèves qui sont en difficulté aujourd'hui représentent des adultes en potentielle difficulté professionnelle, financière, sociale à l'avenir. Cette vision n'est pas souhaitable. Dès lors, comment faire pour favoriser la réussite scolaire de ces collégiens ?

Plus qu'une question, c'est un défi majeur de notre époque. Conscients de cette réalité, nos politiques ont entamé la réforme du Collège (Cycles des apprentissages 2 à 4) afin « de rétablir la performance du système éducatif, en assurant la réussite du plus grand nombre et en luttant contre le déterminisme social » (Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2015). Cet objectif se traduit par une modification des méthodes de transmission pour les professeurs et d'apprentissage pour les élèves. Toutefois, les textes réglementaires ne donnent aucune précision quant aux moyens pour y parvenir et les enseignants semblent manquer d'outils pour atteindre l'objectif fixé. Ce manque constitue une opportunité de rassembler chercheurs et professionnels de l'éducation pour réinventer l'école de demain. Dans ce domaine, les sciences cognitives suscitent l'intérêt depuis quelques années, tant de la part de leurs défenseurs, que de leurs opposants. Et si les avancées des sciences cognitives pouvaient réellement nous éclairer sur les pratiques pédagogiques efficaces pour optimiser la réussite scolaire des élèves ? Dans cette perspective, il semble particulièrement pertinent de s'intéresser aux processus de gestion de la cognition, essentiels aux apprentissages. Ces derniers semblent particulièrement soutenus lorsqu'une approche métacognitive est adoptée. Au regard de la place prépondérante que la métacognition occupe dans les apprentissages, elle apparaît alors comme une réponse possible à la problématique de l'échec scolaire.

Le terme de métacognition vient du préfixe grec « *méta* » et du latin « *cognitio* ». Le préfixe « *méta* » signifie littéralement « après, au-delà de », et désigne la réflexion, le changement, un niveau d'abstraction supérieur. Le terme de « *cognitio* », l'action de connaître, désigne les processus d'acquisition des connaissances. Autrement dit, la métacognition est au-delà de la cognition, et renvoie ainsi aux savoirs qui concernent les processus d'acquisition des

connaissances. Ce terme a été introduit en 1976 par John Hurley Flavell qui a posé les bases d'un champ de recherche encore d'actualité. Fort de la compréhension de ce concept et de son intérêt pour les apprentissages, différents programmes d'intervention ont vu le jour et se sont avérés prometteurs. L'*Education Endowment Foundation*<sup>1</sup> au Royaume-Uni considère d'ailleurs la métacognition comme l'un des éléments à cibler pour favoriser les apprentissages des élèves défavorisés. Il existe divers programmes d'intervention sur le plan international mais, à notre connaissance, aucun en langue française qui puisse être directement et facilement applicable en classe par les enseignants de collège. Plutôt que de traduire un programme étranger existant, qui n'aurait pas toujours été adapté aux programmes scolaires de notre système éducatif, nous avons fait le choix d'en concevoir un. Les préconisations établies par nos prédécesseurs ont constitué de remarquables points de repères pour l'élaboration d'un programme visant à favoriser la réussite scolaire des collégiens, et notamment de ceux en difficulté, par le développement de leur métacognition. Pour y parvenir, nous avons collaboré avec une équipe pédagogique, désireuse de pallier aux difficultés scolaires rencontrées par ses élèves. De cette rencontre a émergé le programme pédagogique métacognitif « *Connaissance de soi* », dont nous avons pu envisager l'évaluation grâce à la participation d'une seconde équipe pédagogique.

Ainsi, l'objectif de notre travail de recherche était d'évaluer le plus rigoureusement possible, de manière longitudinale, les bénéfices de ce programme sur la réussite scolaire de collégiens. Dans cette perspective, nous avons étudié ses effets sur les connaissances des élèves vis-à-vis du fonctionnement cérébral et cognitif, puis sur leur réussite scolaire par le biais de leurs capacités métacognitives. Nous nous sommes également intéressés à ses effets en fonction du profil scolaire des élèves. Nous proposerons d'explorer le sens des résultats obtenus, puis de ce que la recherche dans le domaine de l'éducation implique, et enfin les perspectives de recherche à venir qu'ils nous offrent.

Le Chapitre 1 exposera le niveau attendu des collégiens en français et en mathématiques en contraste avec leur niveau réel selon les rapports nationaux et internationaux. Après avoir détaillé la réforme du Collège introduite suite aux conclusions de ces rapports, nous verrons en quoi l'histoire et les apports des sciences cognitives peuvent soutenir les pratiques éducatives pour favoriser la réussite scolaire des élèves. La focale sera portée sur les

---

<sup>1</sup> Organisme de bienfaisance dont l'objectif est de favoriser l'instruction des élèves les plus pauvres en fournissant aux enseignants et dirigeants, des ressources pour améliorer les pratiques pédagogiques.

processus de gestion de la cognition et sur les approches permettant de les soutenir. Parmi ces dernières, nous verrons que l'approche métacognitive apparaît comme étant la plus pertinente, au vu de la place de la métacognition dans les apprentissages scolaires.

Dans le Chapitre 2, nous apporterons un éclairage théorique sur le concept de métacognition, qui nous permettra de réfléchir aux moyens possibles de le mettre en application en classe. Nous débuterons par une définition du concept et de ses composantes, à laquelle nous apporterons une définition fonctionnelle. Nous préciserons certaines caractéristiques de la métacognition, qu'il nous semble évident de prendre en compte pour déterminer les modalités d'une approche pédagogique optimale. Enfin, nous aborderons la métacognition sous un angle développemental pour déterminer à quel stade sont censés être les collégiens. Suite à ces considérations conceptuelles, nous proposerons une synthèse des préconisations établies dans le but de créer un programme pédagogique métacognitif adapté au système éducatif français pour favoriser la réussite scolaire des collégiens.

Après avoir exposé la problématique et le contexte de notre recherche, le Chapitre 3 détaillera le programme pédagogique métacognitif « *Connaissance de soi* », ainsi que le protocole mis en place pour répondre à notre question de recherche. Les résultats de notre expérimentation feront l'objet du Chapitre 4, qui seront discutés au Chapitre 5, dans lequel nous proposerons une réflexion sur l'intérêt et les limites de la recherche dans le domaine de l'éducation ainsi que les perspectives offertes par notre étude.

## QUEL LEVIER POUR FAVORISER LA RÉUSSITE SCOLAIRE DES COLLÉGIENS ?

*« L'éducation est l'arme la plus puissante qu'on puisse utiliser pour changer le monde »*

Nelson Mandela

## 1. Introduction

Depuis la réforme de Jean Berthoin en 1959 prolongeant l'instruction obligatoire jusqu'à l'âge de 16 ans révolus, le monde dans lequel évoluent les enfants a bien changé. Alors que le fait de trouver un emploi sans qualification était possible par le passé, cela tend à être inconcevable aujourd'hui. Le monde actuel se caractérise par une plus grande complexité et des changements incessants, au quotidien comme au travail. Les jeunes doivent ainsi disposer d'un panel de connaissances et de compétences plus solides et plus vastes qu'avant pour pouvoir s'adapter à ce monde (Becchetti-Bizot et al., 2017; UNESCO, 2015). L'avenir ne semble pas moins mouvementé, notamment avec l'évolution fulgurante des nouvelles technologies, qui changeront probablement radicalement nos modes de vies. Ces constats nous invitent donc à être particulièrement vigilants quant aux objectifs du système éducatif français, à l'atteinte de ces objectifs, et par conséquent aux mesures à prendre pour y parvenir.

Dans ce premier chapitre, nous aborderons les objectifs du système éducatif français en termes de niveau attendu chez les élèves à l'entrée au collège. L'accent sera porté sur deux disciplines, le français et les mathématiques, dans la mesure où elles reflètent des compétences de base fondamentales à la poursuite d'une scolarité réussie (Direction générale de l'éducation et de la culture, 2000; Dos Santos & Rakocevic, 2012). Puis, nous examinerons les résultats des évaluations nationales et internationales sur le niveau des collégiens dans ces deux disciplines fondamentales. Un bilan général sera dressé. Il nous permettra de saisir l'intérêt et les enjeux de la réforme du Collège, et nous conduira à nous interroger sur l'apport des sciences cognitives pour la réussite scolaire. Notre propos sera volontairement axé sur les processus de gestion de la cognition qui sont particulièrement importants pour apprendre, progresser et devenir intellectuellement autonome. Parmi les approches permettant de soutenir le développement de ces processus, l'approche métacognitive paraît être une piste de réflexion pertinente. Nous aborderons alors la place de la métacognition dans les apprentissages scolaires pour parvenir à la conclusion qu'elle constitue, de notre point de vue, une réponse possible à la problématique de l'échec scolaire en France.

## 2. Les niveaux attendus et d'acquis en français et en mathématiques au collège

### 2.1. *Connaissances et compétences attendues pour l'entrée au collège*

La classe de 6<sup>ème</sup> marque l'entrée au collège et s'inscrit dans le Cycle 3 des apprentissages au côté des deux années de Cours Moyen (CM1 et CM2) afin d'assurer la continuité entre l'école primaire et le collège. Dans cette perspective, le Cycle 3 a pour but de consolider l'acquisition des savoirs fondamentaux (lire, écrire, compter, respecter autrui) du Cycle 2 (Cours Préparatoire, 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> année de Cours Élémentaire) pour permettre la meilleure adaptation possible au rythme et à l'organisation du collège. Les connaissances et compétences attendues de chaque cycle en fonction des disciplines sont fixées par le programme officiel de l'Éducation Nationale. Nous allons maintenant revenir plus en détails sur celles qui sont attendues en français puis en mathématiques.

#### 2.1.1. *Connaissances et compétences attendues en français*

En français, le Cycle 3 doit être force de soutien dans l'acquisition de la lecture et de l'écriture (Arrêté du 9 novembre 2015, Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse). Le but est d'étendre l'utilisation de la lecture et de l'écriture à d'autres domaines d'apprentissage de manière large et variée. La maîtrise de la langue se fait progressivement au travers de cinq sous-domaines que sont le langage oral, la lecture et la compréhension de l'écrit, l'écriture, l'étude de la langue, et la culture littéraire et artistique (Figure 1). Chaque sous-domaine a ses spécificités et présente des sous-compétences à acquérir qui contribuent au développement des compétences générales de la discipline.

En langage oral, la finalité est d'accéder à la compréhension d'un message oral, de pouvoir intervenir oralement pour présenter de manière claire et organisée des informations ou des opinions, et de débattre avec ses pairs. Par exemple, l'élève en début d'année de 6<sup>ème</sup> doit savoir comment lever l'implicite d'un discours, avoir conscience que son corps et sa voix influencent la réceptivité de l'auditoire, mais aussi être en mesure de réguler les échanges en collectif. En compréhension de l'écrit, l'objectif est la maîtrise de la lecture orale et silencieuse de manière fluide pour permettre l'accès à la compréhension et l'interprétation des écrits. En termes de compréhension et d'interprétation, l'élève doit être capable d'élaborer des inférences, de repérer la chronologie du récit ou encore de mettre en lien le texte lu avec des lectures ou connaissances antérieures. Ces compétences doivent s'étendre à différents types de documents tels que des images, des graphiques. À ce niveau, l'élève

doit être également en mesure de réguler sa compréhension par la mise en place de stratégies (ex : repérage de mots de liaison).

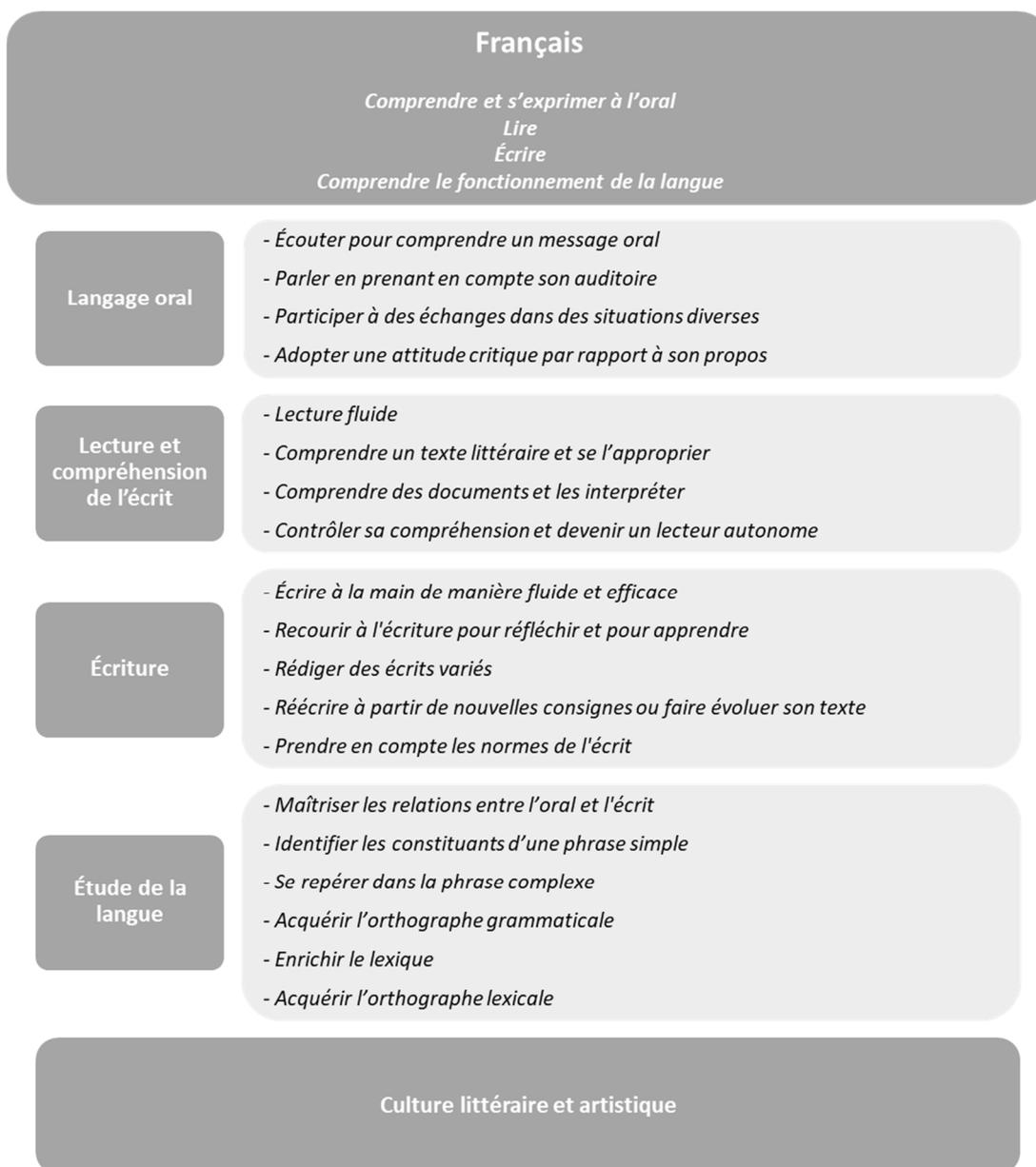


Figure 1 : Représentation schématique des connaissances et compétences attendues en français et ses sous-domaines (langage oral, lecture et compréhension de l'écrit, écriture, étude de la langue, culture littéraire et artistique) à l'entrée en 6ème selon l'Arrêté du 9 novembre 2015 (Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse).

Dans le domaine de l'écriture, les mouvements graphiques sont censés être automatisés pour être mis à profit dans la production d'écrits de travail et de réflexion. Il s'agit là pour l'élève d'être capable d'utiliser un brouillon pour prendre des notes sur ce qu'il entend, d'organiser ses connaissances pour synthétiser un texte, ou encore de fournir des réponses rédigées reprenant les mots de la question et de justifier son choix. Les caractéristiques des différents genres littéraires doivent être maîtrisées pour pouvoir réaliser des écrits diversifiés (récit,

poème, saynète). De plus, la rédaction d'un texte nécessite que l'élève puisse mobiliser des connaissances sur la langue (orthographe, lexique), et sur les normes de forme (paragraphe par exemple). Il est attendu qu'un élève puisse apporter des modifications à son écrit en vue de l'améliorer, l'enrichir, le préciser. Enfin, la maîtrise de productions écrites nécessite implicitement de contrôler et de réguler sa compréhension de l'oral et de l'écrit.

Toutes ces compétences impliquent que l'étude de la langue soit plus explicite et plus réflexive. Elle s'articule autour de l'apprentissage plus approfondi de l'orthographe, de la grammaire, et du lexique en vue de raisonner sur le sens d'un texte. L'élève doit maîtriser les liens qui existent entre l'oral et l'écrit, tels que les conversions grapho-phonémiques. En fin d'école primaire, il doit pouvoir se repérer dans une phrase simple comme complexe en identifiant notamment le sujet, le verbe et le complément. Il s'agit également pour lui de disposer des bases de l'orthographe grammaticale (ex : connaissance des classes de mots) et lexicale (ex : connaissance de mots invariables). Enfin, l'étude de la langue passe par un enrichissement du lexique. Concrètement, un élève est capable d'opter pour la stratégie la plus efficace entre utiliser un dictionnaire, se référer à l'étymologie ou s'aider du contexte pour saisir le sens d'un mot inconnu par exemple. Le dernier domaine que constitue la culture littéraire et artistique ne vise pas le développement de sous-compétences particulières. Néanmoins, la découverte d'œuvres en tous genres vient soutenir l'acquisition et le développement des sous-compétences des autres sous-domaines. Finalement, l'acquisition de l'ensemble de ces sous-compétences contribue au développement de compétences plus générales attendues en maîtrise de la langue française que sont la compréhension et l'expression orale, la lecture, l'écriture et la compréhension du fonctionnement de la langue.

### 2.1.2. Connaissances et compétences attendues en mathématiques

En mathématiques, le Cycle 3 vise à consolider la compréhension du nombre, les techniques de calcul, mais aussi à étendre leur domaine d'étude et d'application (Arrêté du 9 novembre 2015, Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse). En effet, les fractions et les nombres décimaux viennent s'ajouter au système de numération déjà connu, ce qui servira à faire le lien avec un nouveau système, qu'est le système métrique. Au travers de la résolution de problème, l'enjeu est donc de montrer à l'élève comment les outils et la démarche mathématiques se révèlent être appropriés pour résoudre des situations de la vie quotidienne. Cette compréhension se fait au travers de trois sous-domaines que sont les nombres et calculs, les grandeurs et mesures, l'espace et la géométrie (Figure 2). De la même

façon que pour le français, les sous-domaines des mathématiques ont leurs spécificités et impliquent des sous-compétences que les élèves doivent acquérir pour développer des compétences plus générales relatives à cette discipline.

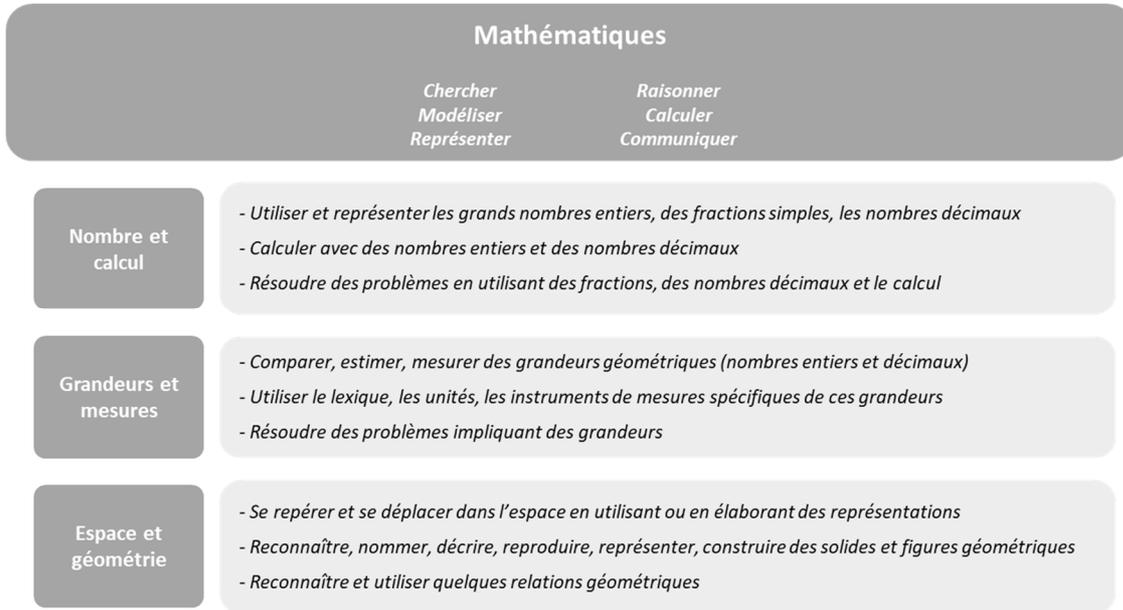


Figure 2 : Représentation schématique des connaissances et compétences attendues en mathématiques et ses sous-domaines (nombre et calcul, grandeurs et mesures, espace et géométrie) à l'entrée en 6<sup>ème</sup> selon l'Arrêté du 9 novembre 2015 (Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse)

En ce qui concerne les nombres et calculs, l'objectif est la conceptualisation, la réalisation de calculs, et la résolution de problème à l'aide des nombres entiers, des fractions, et des nombres décimaux. Ainsi l'élève en début d'année de 6<sup>ème</sup> doit pouvoir composer et décomposer les nombres entiers, encadrer une fraction par deux entiers, ou encore utiliser les nombres décimaux pour rendre compte de grandeurs. En termes de calcul, il peut multiplier les nombres décimaux par 5, 10, 50 ou 100 de tête, ou poser la division d'un nombre décimal par un nombre entier. À l'aide de ces opérations, l'élève parvient à résoudre des problèmes à une ou plusieurs étapes de calcul. Cela nécessite des capacités d'organisation et de gestion des données. Par exemple, il faut que l'élève puisse prélever les informations pertinentes issues de différents documents et les organiser pour parvenir au bon résultat.

Dans le sous-domaine des grandeurs et mesures, la numération est mise au profit des mesures géométriques telles que le périmètre, les aires, les volumes. L'élève doit savoir comparer des périmètres, déterminer un ou des volumes dans l'unité adaptée, réaliser des conversions heures/minutes ou encore distinguer un angle aigu, d'un angle droit ou obtus. Ces connaissances sont alors assimilées et mises en application dans la résolution de certains

problèmes (ex : « M. Aziz travaille 4 h 35 par jour sauf le samedi et le dimanche. Combien d'heures M. Aziz travaille-t-il pendant le mois de septembre 2018 ? »).

Enfin le dernier sous-domaine de l'espace et de la géométrie représente un versant plus pragmatique de la géométrie. En effet, l'élève est amené à manipuler concrètement les mesures et les grandeurs. Savoir se repérer et se déplacer dans l'espace par l'élaboration des représentations est attendu. L'élève peut donc décrire et exécuter un déplacement sur une carte ou encore modéliser l'espace par le biais de maquettes. Les objets géométriques sont également ciblés. L'élève doit pouvoir reconnaître, décrire des figures (triangles, cercles) et des solides (prisme, cylindre) mais aussi les représenter et les construire à l'aide de patrons. Cette manipulation implique pour l'élève de connaître et d'appliquer certaines relations géométriques tels que la perpendicularité, le parallélisme et la symétrie. Se sont autant de sous-compétences à acquérir par l'élève pour parvenir à développer les six compétences générales attendues en mathématiques : chercher, modéliser, représenter, raisonner, calculer, et communiquer.

## *2.2. Le niveau d'acquis des élèves au collège*

Parmi les évaluations du système éducatif français, certaines d'entre elles mesurent précisément le niveau scolaire des élèves de 6<sup>ème</sup>. Pour chacune des disciplines fondamentales, que sont le français et les mathématiques, les résultats des évaluations nationales mais aussi internationales sur le niveau des élèves à l'entrée au collège seront abordés. Puis, ces résultats seront respectivement mis en perspective avec ceux des enquêtes qui s'intéressent au niveau des élèves en fin de collège. Enfin, un bilan général du niveau des élèves français sera établi.

### *2.2.1. Le niveau d'acquis des élèves en français*

Le Cycle des Évaluations Disciplinaires Réalisées sur Échantillon (CEDRE), propre au système éducatif français, s'attache à évaluer le niveau de connaissances et de compétences des élèves à la fin de l'école primaire. Il permet également de les positionner sur une échelle de performances à différents niveaux de maîtrise. Ces évaluations ont lieu tous les six ans et prennent appui sur les référentiels des programmes scolaires. Différentes disciplines sont concernées et notamment le domaine du français. Ainsi, l'évaluation en fin d'école primaire porte sur la maîtrise de la langue au sens strict (grammaire, orthographe, vocabulaire) tandis qu'en fin de collège, elle porte sur la maîtrise de la langue de manière plus diversifiée. Le

dispositif CEDRE 2015<sup>2</sup> en fin d'école a porté sur plus de 7000 élèves de 273 écoles françaises scolarisés en 2<sup>ème</sup> année de Cours Moyen (CM2). Le bilan de cette évaluation met en évidence que 29.1 % des élèves présentent des compétences minimales vis-à-vis des compétences attendues en français en fin d'enseignement secondaire (Andreu et al., 2016). Ces élèves parviennent à saisir l'idée générale d'un texte de longueur modérée et établir des inférences élémentaires. Les élèves en fin d'école primaire qui ne disposent pas d'un niveau de maîtrise suffisant représentent 11 % des élèves. Leur lecture n'est pas fluide, le décodage est fastidieux, ce qui ne leur permet pas d'accéder à une première compréhension globale du texte. Parmi eux, 1 % sont en grande difficulté et peinent à accéder au sens en l'absence de représentation imagée ou concrète. Néanmoins, il semble que le nombre d'élèves en très grande difficulté soit en baisse depuis 2003 (passage de 2.7 % en 2003, à 1 % en 2015). Par ailleurs, les résultats soulignent et déplorent le poids des origines sociales des élèves sur leurs performances (Andreu et al., 2016). En effet, le score moyen des élèves augmente avec leur niveau social, qui se traduit par un écart de niveau proche des 30 points entre les élèves les plus défavorisés et ceux les plus favorisés. Toutefois, ces résultats doivent être mis en perspective avec ceux d'autres pays comparables à la France pour être appréciés à leur juste valeur.

L'enquête internationale *Progress in International Reading Literacy Study* (PIRLS) de l'*International association for the Evaluation of educational Achievement* (IEA) a pour objectif de mesurer les performances en maîtrise de la langue<sup>3</sup> (*i.e.*, le français) des élèves de fin de quatrième année de scolarité obligatoire (équivalent de l'année de CM1 en France). Elle est réalisée auprès de plusieurs centaines de milliers d'élèves dans une cinquantaine de pays, et ses résultats sont publiés tous les cinq ans. L'évaluation se concentre sur deux types de textes, informatif et narratif, et quatre processus sous-jacents à la compréhension que sont le prélèvement d'informations, l'inférence, l'interprétation, et l'évaluation critique de l'information (Mullis et al., 2017). Selon les résultats de la dernière enquête PIRLS réalisée en 2016, la France se situe au-delà de la moyenne internationale (le score moyen de la France est de 511 points pour un score moyen international de 500 points) mais en deçà de la

---

<sup>2</sup> Une nouvelle enquête CEDRE en fin d'école sur la maîtrise de la langue est en cours et ses résultats paraîtront en 2022. Pour plus d'informations, consulter le site du Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports : <https://www.education.gouv.fr/cycle-des-evaluations-disciplinaires-realisees-sur-echantillon-cedre-en-fin-d-ecole-et-fin-de-2870>.

<sup>3</sup> L'enquête étant internationale, les élèves concernées parlent différentes langues. Par conséquent, nous emploierons, pour toutes les enquêtes de ce type évaluant le niveau en français des élèves français, le terme de « maîtrise de la langue ».

moyenne européenne (540 points) et de celle des pays de l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques<sup>4</sup> (541 points ; Mullis et al., 2017). Les résultats indiquent que la France compte plus d'élèves qui ne maîtrisent pas les connaissances élémentaires en langue comparativement à ses homologues européens (6% pour la France contre 4% en Europe ; Colmant & Le Cam, 2017). Ces élèves sont en difficulté pour récupérer des informations explicites dans un texte. Ils peinent à faire des inférences simples ou encore à interpréter les événements de l'histoire (Mullis et al., 2017). Par ailleurs, l'enquête PIRLS permet d'apprécier l'évolution des performances des élèves dans le temps, de manière transversale, dans la mesure où les évaluations sont similaires d'une phase à l'autre. Ainsi, les résultats indiquent que la performance des élèves français est en baisse constante depuis 2001, passant de 525 points en 2001 à 511 en 2016 (Colmant & Le Cam, 2017). La France est le pays qui enregistre la plus forte baisse (-14 points) parmi les deux seuls pays sur vingt qui voient leur score baisser en quinze ans (avec les Pays-Bas). Toutefois, cette baisse de performance n'est pas uniforme en fonction du type de texte et des processus mis en jeu (Colmant & Le Cam, 2017). Autrement dit, elle est significative en ce qui concerne les textes informatifs (-22 points ; passage de 532 points en 2001 à 510 points en 2016, pour une moyenne Europe à 542 points en 2016) mais pas pour les textes narratifs. Pour ce qui est des processus étudiés, ils ont été regroupés deux à deux en fonction de leur niveau de complexité, ce qui donne deux groupes de processus tels que « prélever et inférer » et « interpréter et apprécier ». La comparaison des résultats sur quinze ans montre que la dégradation des performances est significative pour les deux groupes de processus et qu'elle est beaucoup plus importante lorsqu'il s'agit des processus « interpréter et apprécier » (-22 points ; passage de 523 points en 2001 à 501 points en 2016, pour une moyenne Europe à 539 points en 2016) que des processus « prélever et inférer » (-8 points ; passage de 529 points en 2001 à 521 points en 2016, pour une moyenne Europe à 542 points en 2016 ; Colmant & Le Cam, 2017). Ainsi, l'enquête PIRLS semble indiquer que le niveau des élèves français en CM1 est en baisse et est relativement faible en dépit de ce que l'on pourrait attendre.

Les enquêtes nationale et internationale fournissent des résultats convergents en montrant que le niveau des élèves en français est faible à l'entrée au collège. Néanmoins, est-ce que ce constat reste le même en fin de collège ou est-ce que l'enseignement dispensé au collège

---

<sup>4</sup> L'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) est une organisation internationale qui vise à améliorer les politiques publiques dans différents domaines afin de favoriser la prospérité, l'égalité et le bien-être pour tous.

permet de combler le retard et les lacunes acquises par les élèves ? Afin de répondre à cette question, nous allons donc nous intéresser aux évaluations destinées à mesurer les acquis des élèves en fin de collège en français.

Le dispositif CEDRE s'attache également à évaluer le niveau de connaissances et de compétences des élèves en fin de collège. Mis en œuvre en 2015, il a concerné environ 9000 élèves de 360 collèges français scolarisés en classe de 3<sup>ème</sup> (Dalibard et al., 2016). Contrairement à l'évaluation en fin d'école, les compétences des élèves ne sont plus seulement examinées dans une perspective scolaire mais aussi dans une perspective interdisciplinaire. Cette nouvelle orientation ne permet donc plus de comparer les résultats avec ceux des évaluations passées mais permet en revanche d'évaluer les compétences des élèves en fonction de quatre processus généraux relatifs à la maîtrise de la langue (tels que ceux de PIRLS 2016). Les résultats de l'évaluation indiquent que 29.2 % des élèves atteignent le seuil minimal des compétences attendues. Ils accèdent à la compréhension globale d'un texte à l'aide de mises en lien basiques d'informations. Une part plus importante d'élèves en fin de collège qu'en fin d'école primaire, ne maîtrisent pas les compétences attendues en français, soit 15 % des élèves (Dalibard et al., 2016). Ces élèves parviennent difficilement à répondre à des questions fermées de prélèvement d'informations ou de compréhension et ce, même pour un texte court. Parmi eux, 3 % sont en très grande difficulté, la lecture étant encore très compliquée pour eux. À ce niveau, le lien entre les performances des élèves français et leurs origines sociales est toujours aussi présent d'après les résultats, les élèves les plus performants étant issus des classes les plus favorisées.

L'évaluation va toutefois plus loin et présente un aspect novateur dans le domaine. En effet, c'est la première à s'intéresser aux stratégies que les élèves emploient pour accéder au sens mais aussi pour contrôler et réguler leur compréhension (Dalibard et al., 2016). Les résultats indiquent que peu d'élèves utilisent des stratégies efficaces pour accéder à la compréhension (moins d'un tiers) alors qu'ils sont plus nombreux à utiliser des stratégies inefficaces (plus d'un tiers). En termes de stratégies de régulation (c'est-à-dire contrôler ses activités pour s'assurer d'une bonne compréhension), 60 % des élèves semblent avoir recours à la diminution de la vitesse de lecture (stratégie efficace) mais plus d'un tiers use de stratégies qui s'avèrent inefficaces. D'après les auteurs du rapport, « cette faible utilisation des stratégies autres que la modulation de la vitesse de lecture, ainsi que l'utilisation répandue de stratégies inefficaces, indiquent clairement un déficit de connaissance des élèves sur les stratégies qui peuvent soutenir la compréhension de l'écrit » (Dalibard et al., 2016, p. 3). Ce

déficit parallèlement aux difficultés des élèves n'est probablement pas anodin puisque, comme l'ont souligné certains auteurs (Doly, 2006), les bons lecteurs se distinguent par leur conscience et leur utilisation de stratégies efficaces. Cette piste de réflexion a été prise en considération par les autorités qui ont fait de la démarche réflexive un objectif d'apprentissage. Toutefois, pour être opérante cette démarche devrait s'accompagner d'un apprentissage des stratégies efficaces, comme l'a préconisé le Conseil national d'évaluation du système scolaire (Cnesco) lors de sa conférence consensus sur la lecture (Cnesco, 2016c).

Pour une comparaison du niveau des élèves en fin de collège sur le plan international, le Programme International pour le Suivi des Acquis des élèves (PISA) de l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) est une référence. Ce programme a pour but depuis l'an 2000, d'évaluer la qualité et la performance globale des systèmes éducatifs de différents pays dans le monde (Annexe 1). Plus particulièrement, il consiste à mesurer les connaissances et les compétences des élèves âgés de 15 ans, en maîtrise de la langue et en mathématiques notamment. Les évaluations ne visent pas seulement à savoir si les élèves sont en mesure de restituer des savoirs appris, mais s'ils sont capables de les utiliser et de les transférer à d'autres situations. Elles sont réalisées tous les trois ans auprès de plusieurs centaines de milliers d'élèves. Les dernières en date se sont déroulées en 2018 dans 79 pays (OCDE, 2019b). Les derniers résultats placent la France entre la 20<sup>ème</sup> et la 26<sup>ème</sup> place dans le domaine de la maîtrise de la langue<sup>5</sup>. Elle se situe significativement au-dessus de la moyenne des pays de l'OCDE (le score de la France est de 493 points pour un score moyen dans les pays de l'OCDE de 487 points). Bien que ce résultat puisse paraître globalement satisfaisant, il faut noter que 22.8% des élèves français maîtrisent tout juste les compétences attendues à leur âge en langue française (Annexe 2 ; OCDE, 2019b). De plus, les résultats montrent qu'une part importante des élèves est en difficulté. En effet, 20.8 % des élèves ne disposent pas des compétences suffisantes dans ce domaine. Ces élèves parviennent tout juste à retrouver une partie d'information explicite à prélever, ou à interpréter l'intention de l'auteur. Il n'est d'ailleurs pas surprenant de constater que les élèves sont plus à l'aise lorsqu'il s'agit de localiser l'information (496 points) que lorsqu'il s'agit

---

<sup>5</sup> Le cadre d'évaluation et d'analyse de PISA définit précisément le domaine de la maîtrise de la langue telle que « la capacité des individus à comprendre l'écrit, c'est-à-dire non seulement comprendre utiliser et évaluer des textes, mais aussi réfléchir à leur propos et s'y engager. Cette capacité devrait permettre à chacun de réaliser ses objectifs, de développer ses connaissances et son potentiel, et de prendre une part active dans la société » (OCDE, 2019b, p. 26).

de comprendre ou d'analyser et de réfléchir sur un texte (respectivement 490 et 491 points ; OCDE, 2019b, p. 104).

Par ailleurs, l'évolution des performances depuis l'an 2000 jusqu'à aujourd'hui appuie l'idée d'une dégradation du niveau des élèves français. En effet, le niveau des élèves très performants a augmenté alors que le niveau des élèves peu performants a baissé. Même s'il est vrai que ce creusement est intervenu essentiellement entre 2000 et 2009, il ne s'est pas réduit depuis (OCDE, 2019b). Les performances des élèves reflètent ainsi la qualité de l'enseignement secondaire mais également celle de l'enseignement primaire (OCDE, 2019b). La comparaison de la performance moyenne des élèves en maîtrise de la langue aux épreuves PISA avec celle des mêmes élèves aux épreuves de PIRLS 2011 illustre bien cet aspect. Les résultats des élèves (quel que soit le pays) en maîtrise de la langue aux évaluations PISA 2018 s'avèrent être fortement corrélés à ceux des élèves aux évaluations PIRLS 2011 (Annexe 3). En moyenne, ces derniers expliquent 72 % de la variation de la performance des élèves aux évaluations PISA au sein des 42 pays ayant participé aux deux évaluations. Enfin, les performances des élèves sont modulées par leur origine socio-économique. À ce sujet, la France est le pays dans lequel les inégalités sociales se sont le plus creusées, au dépend d'un système éducatif qui n'arrive pas à les endiguer (OCDE, 2019a). En effet, les élèves issus d'un milieu socio-économique favorisé ont obtenu en moyenne une performance en langue française supérieure de 107 points à celle des élèves issus d'un milieu défavorisé (l'écart moyen étant de 87 points). La performance des élèves français s'explique ainsi à hauteur de 17.5% par leur statut socio-économique (12 % en moyenne dans les pays de l'OCDE). Cette réalité classe la France parmi les pays les plus inégalitaires de l'OCDE, devant Israël et le Luxembourg.

Pour résumer, les différentes évaluations mentionnées font état d'un bilan mitigé sur le niveau scolaire des élèves français dans le domaine de la maîtrise de la langue. En effet, il semble que les acquis en fin d'école primaire soient relativement fragiles, et que les difficultés persistent jusqu'à la fin de collège (Cnesco, 2016c). Ce constat est inquiétant et nous amène à nous demander s'il concerne également le domaine des mathématiques. De la même façon que pour le domaine du français, nous allons nous focaliser sur les enquêtes nationales et internationales évaluant le niveau scolaire des collégiens en mathématiques.

### 2.2.2. Le niveau d'acquis des élèves en mathématiques

Le dispositif CEDRE s'intéresse également au domaine des mathématiques. Ainsi, l'évaluation en fin d'école primaire porte sur six champs des mathématiques que sont la connaissance des nombres entiers naturels, fractions et nombres décimaux, le calcul, la géométrie, les grandeurs et mesures, et la gestion de données. De la même manière que pour la maîtrise de la langue, ce dispositif concerne plusieurs milliers d'élèves sur les deux niveaux et a lieu tous les six ans. Les résultats de CEDRE 2014<sup>6</sup> en fin d'école primaire indiquent que 26.1 % des élèves atteignent le seuil minimal de compétences attendues (Dalibard & Pastor, 2015). Ces élèves connaissent tout juste les notions et les concepts mathématiques et peinent à les mettre à profit pour comprendre, traiter des données et produire une réponse raisonnée. Ainsi, ils semblent plus à l'aise dans trois des six domaines étudiés que sont la connaissance des nombres entiers naturels, les fractions et les nombres décimaux, les grandeurs et les mesures (les trois autres domaines étant le calcul, la géométrie, et la gestion de données). Le pourcentage d'élèves de CM2 qui présentent une maîtrise insuffisante des compétences attendues en mathématiques est de 16.3 % (Dalibard & Pastor, 2015). Leurs connaissances des nombres entiers naturels restent partielles, limitant l'utilisation des opérations aux additions et soustractions et donc les possibilités de résolution de problèmes. Parmi eux, 3.7 % sont en grande difficulté et présentent des connaissances très fragiles, limitées à une application directe dans des situations habituelles. En termes d'évolution, les performances des élèves français semblent constantes. Toutefois, ce constat est d'apparence trompeuse puisque le nombre d'élèves en difficulté a sensiblement augmenté entre 2008 et 2014, passant de 15 % à 16.3 %. Par ailleurs, ce constat est à mettre en parallèle avec un accroissement des inégalités sociales mis en lumière par l'enquête. En effet, les performances des élèves issus de milieux défavorisés sont à la baisse tandis que celles des élèves issus de milieux favorisés sont en légère hausse. Dalibard et Pastor (2015) concluent leur propos par une inquiétude à savoir que la grande majorité des élèves déjà en difficulté passe en classe de 6<sup>ème</sup> en n'ayant pas les compétences attendues pour poursuivre sereinement leur scolarité. De la même manière que pour la maîtrise de la langue, ces résultats nationaux doivent être mis en perspective avec ceux d'autres pays comparables à la France pour être appréciés à leur juste valeur.

---

<sup>6</sup> Les résultats de l'enquête CEDRE 2019 sont parus en septembre 2020. Nous n'avons pas détaillé ces résultats plus récents puisqu'ils ne correspondent pas à la temporalité du travail de recherche présenté ici. Pour plus d'informations, consulter la note d'information de Ninnin et Pastor (2020).

L'enquête internationale *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) de l'*International Association for the Evaluation of educational Achievement* (IEA), a pour objectif de mesurer les performances en mathématiques notamment des élèves de 4<sup>ème</sup> de scolarité obligatoire (équivalent du CM1 en France). Elle est également réalisée auprès de plusieurs centaines de milliers d'élèves, et ses résultats sont publiés tous les quatre ans. L'évaluation s'articule autour de deux dimensions : le contenu et le type de processus cognitifs mobilisés (Mullis et al., 2016). D'une part, trois domaines sont évalués en termes de contenu, à savoir le nombre, les formes géométriques et mesures, et la présentation de données. D'autre part, les processus cognitifs sont considérés et regroupés en trois catégories : connaître, appliquer, et raisonner. Selon les derniers résultats de TIMSS 2015 (Mullis et al., 2016), la France se situe en-dessous de la moyenne internationale (le score moyen de la France est de 488 points pour un score moyen international de 500 points). La performance de la France est également inférieure à celle des pays européens (527 points) et celle des pays de l'OCDE (528 points). Parmi ces derniers, la France présente un score comparable à celui de la Nouvelle-Zélande (491 points) et de la Turquie (483 points), juste devant le Chili (459 points). Ce score moyen traduit un très faible niveau des élèves français en mathématiques. En effet, il apparaît que 42 % des élèves présentent un faible niveau (contre 25 % en moyenne pour tous les pays) et que 13 % d'entre eux ne possèdent pas les compétences élémentaires nécessaires en mathématiques (Colmant & Le Cam, 2016; Mullis et al., 2016). Ces élèves disposent au mieux de connaissances de base mais sont en incapacité de les appliquer dans des situations simples. Les trois domaines de contenus sont concernés et particulièrement les domaines des nombres et de la présentation de données. Dans ces deux derniers domaines, le score moyen des élèves français est significativement inférieur à leur score moyen en mathématiques (484 points en « Nombre », 475 points en « Présentation de données », pour un score moyen en mathématiques de 488 points pour la France). En ce qui concerne les processus étudiés, les résultats montrent que la difficulté des élèves français est centrée sur le processus « connaître ». Le score moyen obtenu par les élèves est significativement inférieur à leur performance globale (score moyen de 484 points dans le domaine « connaître » pour un score moyen global de 488 points). Les performances des élèves dans les deux autres catégories de processus cognitifs sont similaires à leur performance globale bien qu'en dessous de ce que l'on pourrait attendre pour un pays comme la France. Il est impossible d'apprécier l'évolution des performances des élèves français puisque c'est la première fois que la France participe à l'enquête TIMSS en CM1.

Les enquêtes nationales et internationales rapportent des résultats inquiétants sur le niveau d'acquis des élèves en mathématiques à l'entrée au collège, le Cnesco parlant même d'une « défaillance des apprentissages en mathématiques » (Cnesco, 2016a, p. 6). Là encore, la question qui reste en suspens est de savoir si l'enseignement au collège durant quatre années permet de combler le retard et les lacunes acquises par les élèves. Nous allons donc maintenant nous intéresser aux évaluations destinées à mesurer les acquis des élèves en fin de collège en mathématiques.

Le dispositif CEDRE s'attache également à évaluer le niveau de connaissances et de compétences des élèves en mathématiques en fin de collège. Réalisé en 2014, il a concerné environ 8000 élèves de 323 collèges français scolarisés en classe de 3<sup>ème</sup> (Arzoumanian & Dalibard, 2015). Contrairement à l'évaluation en fin d'école primaire, le dispositif CEDRE 2014 en fin de collège s'attache à déterminer le niveau de connaissances, l'aptitude à résoudre des problèmes et à raisonner des élèves de 3<sup>ème</sup> dans quatre domaines (nombres et calculs, géométrie, grandeurs et mesures, gestion de données ; Arzoumanian & Dalibard, 2015). Le premier constat est que 27.3 % des élèves maîtrisent les compétences minimales requises en fin de collège. Ces élèves sont capables de réaliser des calculs avec des nombres entiers et décimaux sur la base de formules pour résoudre un problème. Les proportions, les conversions, les notions de vitesse et de durée sont également maîtrisées mais sont restreintes à des situations simples (une seule source d'informations ou mise en relation directe). Les élèves qui ont des difficultés en mathématiques représentent 19.5 % des élèves. Ils présentent des connaissances élémentaires qui ne leur permettent de traiter que des problèmes familiers et explicites. Parmi ces élèves, plus de 3 % restent en grande difficulté. Ils montrent des compétences équivalentes à ce qui est attendu en fin d'école, à savoir la réalisation de calculs sur des nombres entiers seulement et le traitement de problèmes qui ne font appel qu'à l'extraction explicite d'informations. Le second constat en termes d'évolution n'est guère plus rassurant. En effet, le score moyen des élèves français a significativement diminué depuis 2008 (passage de 250 à 243 points). Cette diminution s'explique notamment par une hausse du nombre d'élèves en difficulté (passage de 14.9 % à 19.5 %). Enfin, les analyses montrent que ces élèves figurent, ici encore, dans les milieux les plus défavorisés.

L'enquête PISA de l'OCDE est de nouveau une base de comparaison à l'international du niveau des élèves en fin de collège puisqu'il inclut une évaluation en mathématiques<sup>7</sup>. Dans ce domaine, les derniers résultats placent la France entre la 20<sup>ème</sup> et la 29<sup>ème</sup> place sur les 79 pays participants (OCDE, 2019b). Elle se situe significativement au-dessus de la moyenne des pays de l'OCDE (le score de la France est de 495 points pour un score moyen dans les pays de l'OCDE de 489 points). Toutefois, ce constat réjouissant en apparence masque une réalité plus nuancée. En effet, les élèves qui détiennent les compétences minimales attendues représentent 21.1 % des élèves (Annexe 4 ; OCDE, 2019b). De plus, une proportion importante des élèves reste en difficulté en ne maîtrisant pas ces compétences élémentaires attendues en mathématiques (21.2 %). Concrètement, ces élèves sont à peine capables de résoudre des problèmes simples, concrets et explicites. Parmi eux, certains sont considérés comme étant en grande difficulté (8%). Leurs compétences se limitent à la réalisation de calculs simples avec des nombres entiers, et de tâches directes en mathématiques (la réponse résulte d'une association directe de l'information donnée, formulée de la même façon que la question).

Par ailleurs, les analyses portant sur l'évolution des performances des élèves depuis l'année 2000 montre également un abaissement général du niveau des élèves français en mathématiques (OCDE, 2019b). En effet, le niveau des élèves qu'ils soient peu ou très performants a globalement diminué. Cette chute des performances est survenue en partie entre 2003 et 2006, sans que la tendance se soit inversée depuis. À cela s'ajoute le poids des origines socio-économiques qui expliquent, de façon plus importante en France qu'ailleurs, les performances des élèves (OCDE, 2019a). Le domaine des mathématiques est particulièrement impacté puisque le statut socio-économique prédit à hauteur de 21 % les performances des élèves français (la variance expliquée en moyenne dans les pays de l'OCDE est de 14 %). Ainsi, les chances de réussite des élèves français issus de milieux défavorisés sont moins grandes que dans d'autres pays.

Pour résumer, les différentes évaluations mentionnées font état d'un bilan alarmant sur le niveau scolaire des élèves français dans le domaine des mathématiques. En effet, une grande partie des élèves présente un niveau faible, voire très faible, en fin d'école primaire, qui

---

<sup>7</sup> Le cadre d'évaluation et d'analyse de PISA définit précisément le domaine des mathématiques tel que « l'aptitude d'un individu à formuler, employer et interpréter les mathématiques dans un éventail de contextes, soit à se livrer à un raisonnement mathématique et à utiliser des concepts, procédures, faits et outils mathématiques pour décrire, expliquer et prévoir des phénomènes » (OCDE, 2019b, p. 26).

persiste jusqu'à la fin de collège. Ce constat général sur le niveau scolaire des élèves français, récurrent depuis plusieurs années et dont les enjeux sont cruciaux pour l'avenir de notre société, a poussé les autorités à réformer en profondeur le système éducatif français.

### *2.3. Viser la réussite scolaire de tous les collégiens : la réforme du Collège*

L'ensemble de ces évaluations nous mène donc au constat que le niveau des élèves français comme en mathématiques s'est dégradé, tout du moins pour une partie des élèves (Andreu et al., 2016; Arzoumanian & Dalibard, 2015; Dalibard et al., 2016; Dalibard & Pastor, 2015; Mullis et al., 2016, 2017; OCDE, 2019b). Un cinquième des élèves français se situe sous le seuil de compétences minimales attendues en fin d'école primaire et en fin de collège. Les enquêtes laissent d'ailleurs à penser que les élèves qui présentent des faiblesses en fin d'école primaire sont ceux qui se trouvent en difficulté en fin de collège. Ainsi, l'école primaire fragiliserait certains élèves et le collège ne serait pas en mesure de répondre aux difficultés de ces élèves. L'école semble elle-même source d'échec scolaire, de par les inégalités scolaires qu'elle semble renforcer, et les inégalités sociales qu'elle n'arriverait pas à enrayer (Cnesco, 2016b; OCDE, 2019a). Ces difficultés semblent modulées par les origines socio-économiques des élèves, et ce, dès le plus jeune âge (Cnesco, 2016b; OCDE, 2019a). En effet, les élèves les plus performants sont issus des milieux les plus favorisés, a contrario, les élèves les plus faibles sont issus des milieux les plus défavorisés. À ce sujet, la France est un des pays les plus inégalitaires, le 3<sup>ème</sup> selon l'enquête PISA 2019 parmi les 79 pays qui participent (OCDE, 2019a). Le système éducatif français paraît vulnérable et plus inégalitaire que jamais.

Cet état des lieux est d'autant plus inquiétant pour l'avenir. Comme le remarque le rapport de l'OCDE sur les compétences des jeunes (2015), un faible niveau de compétences engendre une faible probabilité de trouver un emploi. En plus d'un faible niveau, les jeunes français semblent manquer de compétences transversales (Béjean & Monthubert, 2015). Or, dans le monde actuel où la connaissance est accessible et les changements permanents, « il apparaît urgent de réfléchir aux conditions et aux compétences transversales qui vont permettre aux individus de se préparer à ces changements » (Becchetti-Bizot et al., 2017, p. 7). On observe un large consensus sur le fait que le développement des capacités d'adaptation aux mutations rapides de notre société relève du développement de capacité de questionnement et de réflexivité (UNESCO, 2015). Apprendre à apprendre semble donc être l'enjeu crucial de l'éducation aujourd'hui (Becchetti-Bizot et al., 2017; Béjean &

Monthubert, 2015; Dehaene, 2018a, 2019b; Famose & Margnes, 2016). C'est dans cette perspective que s'est inscrite la réforme du Collège. La loi du 8 juillet 2013 a amorcé la refondation globale de l'École de la République en vue de promouvoir l'égalité et la réussite de tous (Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse, 2013). Cette loi cible en particulier l'école primaire, et la réforme du Collège s'inscrit dans son prolongement.

Dans le cadre de la réforme du Collège, le socle commun de connaissances et de compétences est remplacé par le socle commun de connaissances, de compétences et de culture. Ce nouveau socle établit cinq grands domaines de formation transversaux à toutes les disciplines, notamment le domaine 2 « Les méthodes et outils pour apprendre » (Annexe 5). Celui-ci a pour objectif « de permettre à tous les élèves d'apprendre à apprendre, seuls ou collectivement, en classe ou en dehors, afin de réussir dans leurs études et, par la suite, se former tout au long de la vie. Les méthodes et outils pour apprendre doivent faire l'objet d'un apprentissage explicite en situation, dans tous les enseignements et espaces de la vie scolaire. [...] Pour acquérir des connaissances et des compétences, « l'élève » met en œuvre les capacités essentielles que sont l'attention, la mémorisation, la mobilisation de ressources, la concentration, l'aptitude à l'échange et au questionnement, le respect des consignes, la gestion de l'effort. [...] La maîtrise des méthodes et outils pour apprendre développe l'autonomie et les capacités d'initiative ; elle favorise l'implication dans le travail commun, l'entraide et la coopération. » (Décret n°2015-372 du 31 mars 2015 relatif au socle commun de connaissances, de compétences et de culture ; Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse ; Annexe 6).

Parallèlement à ces nouvelles perspectives de formation, une nouvelle organisation des enseignements a été mise en place. Les enseignements obligatoires se composent d'enseignements disciplinaires et d'enseignements complémentaires, qui comprennent un accompagnement personnalisé (AP) et des enseignements de pratiques interdisciplinaires. L'AP « s'adresse à tous les élèves selon leurs besoins ; il est destiné à soutenir leur capacité d'apprendre et de progresser, notamment dans leur travail personnel, à améliorer leurs compétences et à contribuer à la construction de leur autonomie intellectuelle » (Arrêté du 19 mai 2015 ; Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse). Il a pour but la maîtrise du socle commun de connaissances, de compétences et de culture, notamment le domaine 2. Ainsi, « On cherchera notamment à faire acquérir plus explicitement les méthodes nécessaires aux apprentissages » (Circulaire n° 2015-106 du 30 juin 2015 ; Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse). La finalité pour l'élève scolarisé est d'apprendre

« à réfléchir, à mobiliser des connaissances, à choisir des démarches et des procédures adaptées, pour penser, résoudre un problème, réaliser une tâche complexe ou un projet, en particulier dans une situation nouvelle ou inattendue [...] les enseignants définissent les modalités les plus pertinentes pour parvenir à ces objectifs en suscitant l'intérêt des élèves, et centrent leurs activités ainsi que les pratiques des enfants et des adolescents sur de véritables enjeux intellectuels, riches de sens et de progrès » (Décret n° 2015-372 du 31 mars 2015, Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse).

L'objectif affiché est d'assurer la réussite du plus grand nombre dans la maîtrise des savoirs fondamentaux, le développement des compétences du monde actuel, et de lutter contre les inégalités scolaires. Bien que cet objectif soit honorable, la modification seule de l'organisation et du contenu des enseignements ne suffit pas. De plus, les textes ne donnent aucune précision sur les moyens que les enseignants doivent employer pour atteindre cet objectif. Ces derniers sont, sans nul doute, prêts à s'investir dans cette mission mais ils ont besoin d'outils concrets qui soient facilement applicables en classe pour pouvoir enseigner de telles compétences à leurs élèves (Georghiadès, 2004; Veenman et al., 2006). Pour ces raisons, le Cnesco souligne qu'il faudra probablement repenser la formation initiale et continue des enseignants. Il préconise également le « développement d'expérimentations sur les pratiques pédagogiques efficaces autour des difficultés repérées des élèves » (Cnesco, 2016b, p. 120). Ces critiques nous amènent donc à considérer que l'un des enjeux de cette réforme est de proposer aux enseignants de collège des outils d'accompagnement qui leur permettent de répondre à l'objectif fixé.

Les sciences cognitives constituent vraisemblablement une piste de réflexion intéressante pour relever le défi de la réussite scolaire pour tous (Berthier et al., 2018; Dehaene, 2019b). Nous nous intéresserons à leur histoire pour comprendre ce qui les définit, et ce qui les relie au domaine de l'éducation. Pour finir, nous discuterons de la manière dont les sciences cognitives peuvent nous permettre d'appréhender des outils favorisant la réussite scolaire.

### 3. Les sciences cognitives au service de la réussite scolaire

#### *3.1. Qu'est-ce que les sciences cognitives ?*

L'origine des sciences cognitives remonte à l'Antiquité selon Gardner (1993) mais leur avènement en tant que discipline scientifique n'est que très récent. Pour comprendre ce que sont les sciences cognitives telles qu'on les entend aujourd'hui, un retour historique est

nécessaire. À la fin du 18<sup>e</sup> siècle, la compréhension de la vie mentale (langage, conscience, raisonnement) se faisait essentiellement au travers de la méthode introspective. Cette méthode sans mesure objectivable et sans possibilité de réfutabilité, fut remise en question par un groupe de chercheurs qu'on appellera par la suite « les behavioristes ». Ils avancèrent que pour devenir une science, la psychologie devait s'appuyer sur une méthode objective et mesurable. Partant de ce principe, les chercheurs ne devaient s'intéresser qu'aux comportements observables, mettant de côté les états mentaux non observables. Ce nouveau courant de pensée proposait que le comportement soit strictement contraint par l'environnement. Ainsi, un comportement n'était qu'une réponse directe à un stimulus extérieur. Comme le souligne Gardner (1993), le courant behavioriste a apporté une réponse aux problèmes que soulevait le courant introspectionniste et eut ainsi beaucoup de succès entre les années 1920 et 1940.

Parallèlement, la seconde guerre mondiale a permis des avancées technologiques notables dans les domaines de l'informatique, de la robotique, et de la cybernétique. Ces travaux ont initié les premières analogies entre le traitement de l'information de l'esprit humain et celui d'une instance artificielle (Gardner, 1993). La seconde guerre mondiale a également permis des avancées considérables dans le domaine de la médecine. Face aux nombreux blessés présentant des atteintes cérébrales plus ou moins importantes, les médecins ont dû s'intéresser à l'évaluation des capacités cognitives, préservées et troublées. Ce sont autant d'éléments qui ont amené à penser que le schéma simple (voire trop simple) que proposaient les behavioristes, le modèle Stimulus → Réponse, ne suffisait pas à rendre compte de toutes les activités mentales. C'est ce que le psychologue Karl Lashley a tenté de démontrer lors de sa conférence « *The Problem of Serial Order in Behavior* » en 1948 lors du symposium Hixon sur le thème des mécanismes cérébraux dans le comportement (Jeffress, 1951). En d'autres termes, Lashley expliqua que pour comprendre les activités humaines, il fallait s'intéresser à ce que les behavioristes s'étaient refusés à étudier jusqu'ici, le cerveau. Ce symposium a affiché une seconde idée qui fera tomber la vision behavioriste. Les travaux menés dans différentes disciplines convergeaient vers l'idée qu'il existe un lien entre le cerveau et l'ordinateur. Le cerveau était perçu comme une machine qui traite de l'information. Une nouvelle voie de recherche s'ouvrait alors, celle de l'identification et de la compréhension des états mentaux de l'être humain.

Quelques années plus tard, les travaux de Bruner et de Miller présentés au symposium sur la théorie de l'information au *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) en 1956 marque la

naissance du cognitivisme. Le psychologue Jérôme Bruner s'intéressait alors aux capacités de catégorisation perceptive et a mis en évidence que les individus sont capables d'utiliser les informations qu'ils perçoivent pour construire et mettre en application des stratégies mentales en vue de résoudre un problème (Bruner et al., 1956). Contrairement à ce que supposait le behaviorisme, les activités cognitives semblent orientées en amont puis organisées, et donc potentiellement reproductibles par une machine. Le psychologue George Miller s'intéressait aux limites de la cognition humaine (G. A. Miller, 1956). On lui doit la mise en lumière du nombre maximal d'unités d'informations que le cerveau adulte peut traiter simultanément, le célèbre chiffre magique sept, plus ou moins deux. Miller explique que l'individu est capable de procéder à une manipulation des informations pour pallier en quelque sorte cette limite cognitive. Là encore, la vision behavioriste qui supposait une certaine passivité de l'individu est mise à mal. Les psychologues n'ont pas été les seuls à marquer l'année 1956. Le linguiste Noam Chomsky, ou encore le sociologue Herbert Simon et son acolyte mathématicien Alan Newell, ont présenté des travaux remarquablement novateurs. Chomsky exposa l'ébauche de son futur modèle de Grammaire Générative (« *Three Models of Language* » ; Chomsky, 1956). Il démontra que le langage n'est pas aléatoire mais supporté par des structures cognitives invisibles et innées qui nous conduisent à une production logique des mots. Simon et Newell dévoilèrent le premier programme informatique capable de démontrer un théorème tel que peut le faire l'être humain. C'est le début de l'intelligence artificielle dont le but est de créer des machines capables d'imiter voire de surpasser les capacités cognitives humaines. L'ensemble de ces recherches a conduit à l'émergence d'un nouveau courant de pensée, le cognitivisme, qui sera déterminant pour les sciences cognitives.

L'essor du cognitivisme est ponctué par la création du *Center for Cognitive Studies* à Harvard en 1960 dirigé par Bruner et Miller. Mais l'évènement qui servira de tournant au cognitivisme sera la publication du psychologue Jerry Fodor en 1975 « *The Language of Thought* ». L'analogie avec le fonctionnement de l'ordinateur atteint alors son apogée. Fodor propose dans cet ouvrage que les informations entrantes soient converties en symboles, puis ensuite manipulées par le cerveau en fonction de règles de « calcul » pour qu'une information sortante (une réponse) soit émise. À l'image de l'ordinateur, il ajoute que ces manipulations ne seraient pas spécifiques à un individu puisqu'indépendantes d'un quelconque sens. Fodor affirmait que l'activité cognitive était organisée sous forme de modules, chaque module ayant ses spécificités quant aux informations à traiter (Fodor,

1983). Ainsi, l'individu disposerait d'un module de traitement pour chaque fonction que ce soit le langage, la perception, ou encore la mémoire. Ces différents modules seraient eux-mêmes dirigés, contrôlés et coordonnés par un supra-module, un système central. Le cognitivisme restait un courant de pensée sans être une discipline scientifique à part entière, « avec un paradigme unifié et une assise institutionnelle » (Dortier, 2014, p. 26). En 1975, des éléments marquants vont permettre aux sciences cognitives de naître en s'organisant à trois niveaux. Sur le plan théorique, le courant cognitiviste et le modèle de Fodor rassemblent les sciences cognitives autour d'un paradigme cognitif, celui du traitement symbolique de l'information (Dortier, 2014; Gardner, 1993). Sur le plan institutionnel, les actions de la Fondation Sloan ont été décisives, notamment au travers de son financement des recherches sur la cognition à hauteur de 20 millions de dollars. Elle a été à l'origine en 1977 de la création de la première revue scientifique en sciences cognitives intitulée « *Cognitive Science* » et d'une société savante portant le même nom en 1979. Au même moment, le rapport « *State of Art Report* » demandé par la fondation fut rédigé. Il eut le mérite de dégager un objectif de recherche commun à savoir « *découvrir les capacités de représentation et de calcul de l'esprit ainsi que leur configuration structurelle et fonctionnelle dans le cerveau* »<sup>8</sup> (Keyser et al., 1978, p. 6 - notre traduction). Ce rapport a également officialisé les disciplines intégrant le champ des sciences cognitives au travers de l'hexagone cognitif (Figure 3). Enfin, les sciences cognitives se sont affirmées sur le plan médiatique par la parution de multiples ouvrages, manuels, et articles scientifiques.

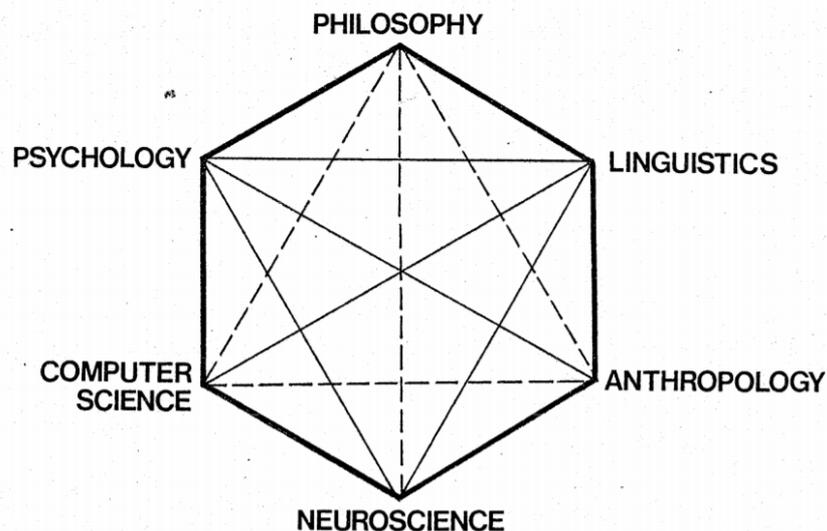


Figure 3 : Représentation de l'hexagone cognitif issu du rapport "State of Art Report", représentant les six disciplines scientifiques intégrant les sciences cognitives

<sup>8</sup> « *discover the representational and computational capacities of the-mind and their structural and functional representation in the brain* » (Keyser et al., 1978, p. 6).

Il ne fallut que quelques années pour que le modèle du traitement symbolique de l'information soit remis en cause par la communauté scientifique et ce, pour plusieurs raisons (Dortier, 2014). L'une d'entre elles était l'incapacité à expliquer la rapidité de la vitesse de traitement de l'information. De cette façon, le cognitivisme a laissé place au connexionnisme qui considère que les activités cognitives sont le résultat de l'interaction de plusieurs éléments (Dortier, 2014; Varela, 1989). Ce courant de pensée s'est développé avec le développement des neurosciences et des techniques d'imagerie cérébrales. Reprenant entre autre l'image du réseau de neurones découvert par le neurophysiologiste Warren McCulloch et le mathématicien Walter Pitts, les chercheurs en sciences cognitives ont petit à petit considéré que le traitement de l'information ne s'effectuait pas en série mais en parallèle (Dortier, 2014; Tiberghien et al., 2002; Varela, 1989). Le connexionnisme a également pris appui sur les célèbres travaux du psychologue Donald Hebb concernant l'apprentissage (Varela, 1989). Ainsi, la seconde idée véhiculée par le connexionnisme est que les réseaux de neurones constitués sont soumis à des changements structurels et fonctionnels en fonction de l'expérience. Bien que ce modèle ait permis des avancées certaines dans l'étude de la cognition, il n'était pas suffisant. En effet, beaucoup lui ont reproché de rester « artificiel » en envisageant le cerveau comme indépendant de son corps et de son environnement (Varela, 1989). C'est ainsi qu'un troisième courant de pensée s'est imposé aux sciences cognitives, celui de la cognition incarnée. Sans négliger les apports des courants antérieurs, ce courant postule que le cerveau est en perpétuelle interaction avec ce qui l'entoure et se transforme (Varela, 1989). Ainsi, les processus cognitifs fournissent une réponse qui elle-même engendre la modification de ces processus cognitifs. Le cerveau n'est, dès lors, plus perçu comme une simple machine, passive, agissant en réponse aux informations de l'extérieur (Varela, 1989), mais comme une machine active capable de se modifier en fonction de l'extérieur.

L'ensemble de ces mouvements qu'ont connu les sciences cognitives contribuent à la définition de ce qu'elles sont aujourd'hui. Elles rassemblent différentes disciplines qui s'intéressent à la cognition humaine que ce soit sur le plan comportemental comme neural. Selon Andler, les sciences cognitives « *ont pour objet de décrire, d'expliquer, et le cas échéant de simuler les principales dispositions et capacités de l'esprit humain – langage, raisonnement, perception, coordination motrice, planification...* » (Andler, 1992, p. 9). De manière fidèle à leur héritage historique, elles s'attachent à faire preuve de rigueur scientifique en employant la méthode expérimentale. Les disciplines qui composent les

sciences cognitives s'accordent sur cinq principes (Gardner, 1993). Le premier est l'utilisation ou le recours aux représentations mentales pour aborder la question des activités cognitives. Le second est que l'ordinateur est le modèle central pour penser et représenter le fonctionnement cognitif de l'être humain. Le troisième est de délaissier les aspects affectifs, contextuels et culturels pour ne pas rendre l'étude du fonctionnement cognitif trop complexe, sans pour autant en nier l'importance. Le quatrième principe est l'adhésion à l'interdisciplinarité, dans l'idée que l'alliance des connaissances est source d'émulation. Le dernier principe souligne que les préoccupations des sciences cognitives sont des versions actualisées de problèmes issus de l'Antiquité, et repris par la philosophie.

La définition des sciences de la cognition ainsi entérinée permet donc de comprendre qu'elles ont plusieurs domaines d'applications. Leur intérêt étant de comprendre comment le cerveau s'organise et apprend, le lien avec la manière de faire apprendre est devenu plus que pertinent. Les sciences cognitives se sont donc rapidement rapprochées de l'éducation.

### *3.2. La rencontre des sciences cognitives et de l'éducation*

En 1983, le consultant Leslie Hart a été l'un des premiers à penser le lien entre cerveau et apprentissage, et à défendre l'idée que l'enseignement devait s'adosser aux découvertes sur le cerveau. Peu de temps après, l'*American Educational Research Association (AERA)* fonde le *Special Interest Group « Brain, Neurosciences, and Education »*. Ce groupe, le plus ancien dans le domaine, promeut les découvertes des neurosciences en lien avec l'éducation auprès de la communauté éducative (Tokuhama-Espinosa, 2013). En 1999, le *Centre for Educational Research and Innovation (CERI)* de l'OCDE lance un vaste projet sur « les sciences de l'apprentissage et la recherche sur le cerveau » (OCDE, 2002). Ce projet supporte alors la volonté de rassembler des chercheurs en sciences cognitives, des professionnels de l'éducation et des décideurs politiques. Les objectifs sont d'encenser un dialogue entre ces trois mondes, de déterminer les apports potentiels des uns pour les autres, et enfin de dégager les questions essentielles à résoudre pour l'avenir de l'éducation (OCDE, 2002). La première phase du projet (1999-2002) a consisté à faire un état des lieux de la situation : où en sont les systèmes éducatifs, que sait-on du fonctionnement du cerveau, que peuvent réellement apporter les sciences cognitives. Cette première phase en a appelé une seconde (2002-2005) afin de concentrer les efforts sur trois axes en particulier que sont la numératie, la littératie, et l'apprentissage tout au long de la vie (OCDE, 2002). Le rapport qui en découle, synthétise ainsi les découvertes réalisées sur le fonctionnement du cerveau

dans le cadre des apprentissages scolaires (OCDE, 2007). La plasticité cérébrale en est un exemple. Mieux encore, il relate les implications potentielles pour les enseignants et offre des pistes de réflexion quant à l'évaluation des systèmes éducatifs par les politiques.

Entre temps, la création d'instituts en tous genres et les publications dans le domaine ont fleuri. En 2004, un des faits les plus marquants a été la création de la première société savante internationale autour des sciences de l'apprentissage, l'*Institute of Mind, Brain, and Education Society* (IMBES). Elle créait sa revue scientifique, du même nom, quelques années après. L'objectif est d'illustrer comment les recherches sur le cerveau peuvent éclairer la manière d'enseigner. Depuis, l'engouement n'a cessé de croître, la preuve en est que l'on ne compte plus le nombre d'articles, de livres, de manuels sortis sur ce thème dans de multiples langues.

À l'interface de la psychologie, des neurosciences et de l'éducation, les sciences de l'apprentissage<sup>9</sup> sont nées et ont pour objectif de faire le lien entre les chercheurs, les enseignants et les parents afin d'optimiser les pratiques pédagogiques et l'éducation scolaire (Carew & Magsamen, 2010). Plus précisément, elles tentent de faire le lien entre les comportements observables et les substrats cérébraux des processus mentaux qui y sont associés, notamment dans le cadre des apprentissages scolaires (Howard-Jones et al., 2016). Cette compréhension des processus sous-jacents aux acquisitions scolaires relève du domaine de l'éducation et peut probablement favoriser la réussite scolaire (Howard-Jones et al., 2016). De nombreux auteurs soulignent que cette compréhension peut moduler les stratégies éducatives et permettre de redessiner les programmes pédagogiques afin d'optimiser les acquisitions pour tous les élèves (Barnett et al., 2008; Bierman & Torres, 2016; Blakemore & Frith, 2005; Dehaene, 2018a, 2019b; Diamond et al., 2007; Gabrieli, 2016; Gardner, 1993; Goswami, 2006; Hart, 1983; Howard-Jones et al., 2016; Sigman et al., 2014).

Dans ce domaine, de nombreuses études ont souligné l'importance des capacités de gestion de la cognition chez les élèves pour apprendre, progresser et devenir intellectuellement autonome (Best & Miller, 2010; Blair & Diamond, 2008; Brown et al., 1983; Dunlosky & Rawson, 2012; Fuhs et al., 2014; Geurten, Catale, et al., 2016; Kieffer et al., 2013; E. K. Miller & Cohen, 2001; Miyake et al., 2001; Roderer & Roebbers, 2014; Roebbers et al., 2012, 2014; Schneider & Artelt, 2010; van der Sluis et al., 2007; Yeniad et al., 2013). Nous

---

<sup>9</sup> Aussi appelées neuro-éducation, neurosciences de l'éducation (Gaussel & Reverdy, 2013; OCDE, 2007).

retrouvons précisément ici les objectifs de la réforme du Collège. Le développement de ces capacités par l'entraînement a fait l'objet de plusieurs études, dont nous verrons que les résultats qui en découlent questionnent la pertinence même de l'approche (Blair & Raver, 2015; Raver et al., 2011; Thorell et al., 2009; Titz & Karbach, 2014). Elle tend ainsi à être délaissée au profit d'une approche qui vise le développement des capacités de gestion de la cognition de manière métacognitive, c'est-à-dire par la prise de conscience et le contrôle de ces capacités (Gaskins & Pressley, 2007; Hattie, 2009; Kramarski & Mevarech, 2003; J. Perry et al., 2019; Zohar & Ben David, 2008; Zohar & Peled, 2008).

### *3.3. Les programmes pédagogiques favorisant la gestion de la cognition*

Il semble qu'un des leviers de la réussite scolaire puisse résider dans l'efficacité des capacités de contrôle cognitif<sup>10</sup> (Bryce et al., 2015a; Rutherford et al., 2018). La réussite scolaire serait liée à l'efficacité de processus cognitifs tels que focaliser et maintenir son attention sur des informations pertinentes, inhiber celles qui ne le sont pas, maintenir activement ces informations et les manipuler, changer de point de vue pour réorganiser des connaissances antérieures avec de nouvelles connaissances, ou encore organiser ses propres activités pour atteindre un but (Best & Miller, 2010; Blair & Diamond, 2008; C. A. C. Clark et al., 2013; Fuhs et al., 2014; Kieffer et al., 2013; E. K. Miller & Cohen, 2001; Miyake et al., 2001; Roebers et al., 2012, 2014; van der Sluis et al., 2007; Yeniad et al., 2013). Ces processus, appelés aussi fonctions exécutives, seraient même prédictifs de la réussite académique d'un élève de la maternelle jusqu'à l'université (Blair & Razza, 2007; Duncan et al., 2007; Gathercole et al., 2004; McClelland et al., 2007; Morrison et al., 2010). Ils seraient également moins conscients, moins contrôlés, et donc moins efficaces chez les élèves en difficulté scolaire (Cosnefroy et al., 2018; Greene et al., 2008; Krebs & Roebers, 2012; Miciak et al., 2019; Morgan et al., 2019; Snyder et al., 2011). En d'autres termes, quand ces processus sont conscients et contrôlables par un individu, ils lui permettent d'être plus efficace (Roebers et al., 2012). De manière plus générale, il semble que les capacités de contrôle cognitif soient décisives au-delà de la scolarité pour obtenir une bonne situation professionnelle (Bailey, 2007), avoir de bonnes relations amicales ou amoureuses (Eakin et al., 2004; Hughes & Dunn, 1998), avoir une bonne santé physique et mentale (Baler & Volkow, 2006; Crescioni et al., 2011; Diamond, 2005; Fairchild et al., 2009; H. V. Miller et al., 2011; Riggs et al., 2010), éviter la prison ou avoir une bonne qualité de vie (Moffitt et

---

<sup>10</sup> Selon Miller et Cohen (2001) le contrôle cognitif désigne l'ensemble des processus cognitifs qui guident nos pensées et nos actions en fonction d'un but (appelé aussi fonctions exécutives ou contrôle exécutif).

al., 2011). Il semble donc nécessaire de s'interroger sur les modalités d'apprentissage ou de renforcement de ce contrôle cognitif chez les élèves en vue de favoriser la réussite scolaire de tous.

### 3.3.1. Entraîner les capacités de contrôle cognitif

De nombreuses études ont tenté d'améliorer les capacités de contrôle cognitif des enfants à travers différents types de programmes, tels que des activités physiques ou musicales (Diamond & Ling, 2016, 2019; Moreno et al., 2011; Singh et al., 2019; Tang et al., 2007). D'autres études se sont portées sur l'entraînement des capacités de contrôle cognitif en vue de les améliorer (Karchach & Kray, 2009; Rabiner et al., 2010; Rueda et al., 2005, 2012; Thorell et al., 2009; Wass et al., 2012). La méta-analyse de Melby-Lervag et Hulme (2013), qui s'intéresse à la mémoire de travail, constitue une synthèse globale de ce type d'approche quelle que soit la fonction exécutive abordée. L'objectif de cette méta-analyse était de déterminer les effets de programmes d'entraînement de la mémoire de travail basés sur la répétition d'une ou de plusieurs tâches de mémoire de travail de type visuo-spatial, verbal, ou auditif. Parmi les plus connus figurent les programmes *CogMed*<sup>11</sup>, *Jungle Memory*<sup>12</sup>, ou encore *Cognifit*<sup>13</sup>. Plus spécifiquement, les auteurs souhaitaient mettre en lumière les effets de ces programmes d'entraînement en termes de transfert proche<sup>14</sup> (tâches de mémoire de travail verbale et visuo-spatiale). De la même manière, ils ont tenté de déterminer les effets existant en termes de transfert lointain<sup>15</sup> (tâches de raisonnement verbal, de raisonnement visuo-spatial, d'attention, de lecture, et d'arithmétique). Enfin, les facteurs susceptibles de modérer les tailles d'effets de ces programmes comme l'âge, la durée de l'entraînement, ou encore le type d'intervention ont été analysés. Seules les études utilisant un plan expérimental adéquat pour évaluer les effets d'un programme d'entraînement ont été retenues (mesures pré- et post-test avec un groupe expérimental et un groupe contrôle), soit 23 études incluant des participants âgés de 4 à 71 ans.

---

<sup>11</sup> Pour plus d'informations, voir <http://www.cogmed.com/>

<sup>12</sup> Pour plus d'informations, voir <http://www.junglememory.com/>

<sup>13</sup> Pour plus d'informations, voir <http://www.cognifit.com/>

<sup>14</sup> Le transfert proche correspond à un transfert d'apprentissage entre deux contextes très similaires. Il peut s'agir, par exemple, de réaliser un nouvel exercice du même type qu'un exercice déjà travaillé en classe, qui diffère alors par sa forme mais pas par le contenu mobilisé.

<sup>15</sup> Le transfert lointain correspond à un transfert d'apprentissage entre deux contextes qui semblent ne rien avoir en commun, en apparence. L'utilisation des opérations, apprises à l'école, dans des situations de la vie quotidienne en est un exemple, comme l'emploi de principes stratégiques, appris aux échecs, dans une carrière professionnelle en politique.

Les résultats ont montré que les programmes d'entraînement à la réalisation de tâches de mémoire de travail apportent des améliorations significatives à court terme sur les tâches de mémoire de travail verbale et visuo-spatiale (Tableau 1).

Tableau 1 : Analyse des effets immédiats des modérateurs sur la mémoire de travail verbale et la mémoire de travail visuo-spatiale (adapté de Melby-Lervag & Hulme, 2013)

Variable modératrice	Mémoire de travail verbale				Mémoire de travail visuo-spatiale			
	Nombre de taille d'effets	Taille d'effet	Hétérogénéité ( $I^2$ )	Test de différence (Q)	Nombre de taille d'effets	Taille d'effet	Hétérogénéité ( $I^2$ )	Test de différence (Q)
<b>Âge</b>								
- Jeunes enfants	4	1.41**	63.23*		6	0.46**	26.86	
- Enfants	6	0.26*	7.47		5	0.45**	54.24	
- Jeunes adultes	7	0.74**	82.76**		4	0.61*	80.32**	
- Personnes âgées	4	0.95**	87.31	.00**	3	0.69	80.79**	.92
<b>Durée de l'entraînement</b>								
- Importante (>9h)	12	0.94**	79.33**		10	0.49**	38.21	
- Faible (<8h)	9	0.62**	87.74**	.31	8	0.53**	73.87**	.85
<b>Plan expérimental</b>								
- Non-randomisé	10	0.82**	88.19**		11	0.38**	34.93	
- Randomisé	11	0.76**	74.76**	.85	7	0.70**	72.53**	.20
<b>Type de groupe contrôle</b>								
- Actif	8	0.99**	83.93**		10	0.63**	61.32**	
- Inactif	12	0.69**	83.83**	.38	8	0.36**	45.68	.17
<b>Statut de l'apprenant</b>								
- Troubles des apprentissages	7	0.56*	83.36**		9	0.47**	47.45	
- Typique	14	0.91**	80.73**	.63	9	0.57**	69.35**	.26
<b>Type d'intervention</b>								
- CogMed	4	1.18**	82.67**		8	0.86*	24.12	
- Jungle Memory	3	0.45	6.051		3	0.32	69.27	
- Entraînement par feed-back	3	0.79	86.70**		-	-	-	
- Autres	8	0.75**	85.92**	.57	6	0.28*	60.03*	
- Cognifit	-	-	-	-	2	0.44	0.00	.04*

Note : Les tirets indiquent qu'aucune donnée n'a été rapportée.

\*  $p < .05$ . \*\*  $p < .01$ .

Pour la mémoire de travail verbale, les effets de transfert proche à court terme sont significatifs. Leur ampleur est relativement importante suivant les études ( $d = [.72 - .84]$  ;  $p < .001$ ), mais varie significativement selon l'âge des participants (Tableau 1, colonne 4 et 5). Les jeunes enfants (moins de 10 ans) paraissent bénéficier d'autant plus de ces programmes d'entraînement que leurs aînés. En revanche, ces effets de transfert proche à court terme ne sont pas maintenus à long terme (environ 9 mois après l'entraînement). Pour la mémoire de travail visuo-spatiale, les effets de transfert proche à court terme sont significatifs et de taille modérée ( $d = [.44 - .55]$  ;  $p < .001$ ). Une variation de leur ampleur apparaît en fonction du type d'intervention mis en place, visiblement en faveur du programme *CogMed* par rapport aux autres programmes (Tableau 1, colonne 8 et 9). Il

semblerait que ces effets de transfert proche puissent significativement durer dans le temps (environ 5 mois après l'entraînement) mais les auteurs nous invitent à la prudence face au peu d'études qui existent.

En ce qui concerne les effets de transfert lointain, rien ne permet de confirmer qu'un programme d'entraînement de la mémoire de travail engendre une quelconque amélioration, à court comme à long terme, des autres compétences auxquelles elle participe (raisonnement verbal, lecture, ou arithmétique). Sur l'ensemble des études, une significative mais légère amélioration des compétences de raisonnement visuo-spatial apparaît à court terme ( $d = .19$  ;  $p < .02$ ). De même, un effet faible à modéré sur les capacités d'attention semble exister immédiatement après l'entraînement ( $d = .32$  ;  $p < .01$ ) mais disparaît avec le temps. Pour résumer, les programmes d'entraînement de la mémoire de travail ne produisent que des effets spécifiques à court terme qui se ne généralisent pas à d'autres compétences. Les auteurs remettent ainsi en cause l'utilité de ce type d'approche pour favoriser le fonctionnement exécutif des enfants.

La revue de littérature réalisée par Titz et Karbach (2014) vient nuancer les conclusions de Melby-Lervag et Hulmes (2013). Les auteurs se sont intéressés aux effets de ce même type de programmes d'entraînement des capacités de contrôle cognitif sur les performances scolaires (en lecture et en mathématiques). Leur raisonnement soutient l'idée que les programmes d'entraînement des capacités de contrôle cognitif (réalisation répétée de tâches) améliorent les performances scolaires en lecture, et de façon moindre les performances en mathématiques. En l'absence d'analyses, ces conclusions sont certes, à considérer avec prudence, mais viennent compléter les conclusions de la méta-analyse précédente. En effet, les auteurs précisent que les bénéfices observés dans les études profitent essentiellement aux élèves en difficulté, qui présentent soit les moins bons résultats académiques, soit des troubles cognitifs (pour l'inhibition, voir Spierer et al., 2013; Thorell et al., 2009; pour l'attention, voir Rabiner et al., 2010; Rueda et al., 2012; Wass et al., 2012; pour la flexibilité, voir Kleibeuker et al., 2017). De cette manière, les programmes d'entraînement à la réalisation de tâches ne présenteraient que des effets de compensation pour une partie des élèves seulement. *A contrario*, les programmes d'entraînement aux stratégies semblent bénéfiques pour tous les élèves, d'après les auteurs. Ils consistent en la pratique répétée d'une stratégie spécifique. Cependant, ils ont l'inconvénient d'engendrer des gains limités en termes de transfert lointain de par leur spécificité (Gick & Holyoak, 1980). Pour y remédier, McDaniel et Bugg (2012) proposent une approche différente rassemblant les

avantages des deux programmes évoqués et les découvertes de la recherche sur l'apprentissage. Bien que leurs travaux portent sur l'entraînement de la mémoire, leurs recommandations sont tout à fait transposables à l'entraînement des capacités de contrôle cognitif. Selon eux, un programme d'entraînement efficace devrait être étalé dans le temps afin de faciliter et accroître la rétention des éléments enseignés. Il devrait également allier la réalisation répétée de tâches avec l'apprentissage de stratégies (de résolution, de récupération, ou autres). Afin d'éviter le développement de procédures spécifiques et ainsi de favoriser le transfert lointain, les tâches et les stratégies devraient être présentées dans des formes et des situations variables. Plus encore, elles devraient être mises en relation avec des situations concrètes de la vie quotidienne voire même mises en pratique. De la même manière que le suggèrent Diamond et Ling (2016), l'idée, ici, est de permettre à l'élève de faire le lien entre les stratégies et les situations pour optimiser ses capacités de contrôle cognitif. Sur le plan théorique, cette approche semble intéressante et prometteuse, reste à savoir quels en sont ses réels effets. Ainsi, nous allons nous intéresser aux approches basées sur le développement des capacités d'autorégulation<sup>16</sup> qui s'inscrivent dans cette vision plus globale de l'élève et qui tiennent compte des aspects motivationnels, comportementaux et contextuels, au-delà des aspects cognitifs.

### 3.3.2. Développer les capacités d'autorégulation

De nombreux programmes ont vu le jour pour tenter de développer les capacités d'autorégulation des enfants tels que le programme *Tools of Mind* (Bodrova & Leong, 1996; Diamond et al., 2007), le programme *PATHS (Promoting Alternative Thinking Strategies ; Riggs et al., 2006)*, ou encore le programme *CRSP (Chicago School Readiness Project ; Raver et al., 2011; Watts et al., 2018)*. Parmi ces différents programmes, nous allons notamment nous intéresser au programme *CSRP* dans la mesure où il a été largement étudié et qu'il a fait l'objet d'un suivi longitudinal. Ce programme, lancé en 2003, accompagne le développement des capacités d'autorégulation directement en classe durant une année scolaire. Il se destine à des enfants d'âge préscolaire (3-4 ans) issus de milieux défavorisés de Chicago (USA). Il prend appui sur les travaux issus de la psychologie du développement, de la psychologie cognitive, des neurosciences et des sciences de l'éducation pour soutenir le développement cognitif d'enfants à risque d'échec scolaire. Pour y parvenir, l'intervention

---

<sup>16</sup> L'autorégulation se définit comme la capacité à contrôler et à réguler volontairement ses émotions, sa motivation, ses comportements, et ses activités cognitives dans un but défini en fonction des contraintes extérieures (Dinsmore et al., 2008).

se base sur la formation des enseignants (30 heures) aux stratégies à mettre en place pour soutenir l'adaptation émotionnelle et comportementale des enfants en classe (*i.e.*, récompenser les comportements positifs, réorienter les comportements négatifs). De cette façon, les enseignants accompagnent les enfants à associer les situations et les stratégies adéquates pour y faire face. Durant l'année, ils sont accompagnés par un consultant en santé mentale (de niveau Master) dans la gestion du stress induit par la mise en place de ces nouvelles pratiques. Les auteurs ont fait l'hypothèse que cette intervention, en favorisant les compétences d'autorégulation des enfants (inhibition des comportements impulsifs et contrôle de l'attention), devrait leur permettre de mieux se focaliser sur les apprentissages et d'être plus efficient dans l'acquisition des premières compétences académiques (Raver et al., 2011).

Au total, trente-cinq classes ont été recrutées pour participer au programme. Dans le groupe expérimental, dix-huit classes (238 enfants) ont été sélectionnées pour mettre en place l'intervention. Les dix-sept autres classes (229 enfants) représentaient le groupe contrôle. Tous les enfants ont été évalués au début de l'année scolaire (septembre), puis en fin d'année scolaire (mai). L'évaluation portait sur les compétences d'autorégulation et les compétences pré-académiques. Les compétences d'autorégulation ont été évaluées à l'aide de la *Preschool Self-Regulation Assessment*<sup>17</sup> (PSRA ; Smith-Donald et al., 2007) à travers trois dimensions que sont le contrôle de l'attention/impulsivité, le contrôle cognitif (essentiellement l'inhibition), et le contrôle de l'effort. Le contrôle de l'attention/impulsivité est évalué par le biais d'un hétéro-questionnaire (*PSRA Assessor Report*). Deux épreuves ont été utilisées pour évaluer le contrôle cognitif (*Balance Beam* et *Pencil Tap*) et quatre autres épreuves pour l'évaluation du contrôle de l'effort (*Toy Wrap*, *Toy Wait*, *Snack Delay*, and *Tongue Task*). Les compétences pré-académiques en vocabulaire, en dénomination de lettres, et en mathématiques ont également été mesurées. Les résultats montrent un effet significatif de l'intervention sur deux des trois mesures d'autorégulation (le contrôle de l'attention/impulsivité et le contrôle cognitif) et sur les trois compétences pré-académiques (Tableau 2). Les enfants ayant bénéficié du programme CSRP présentent une amélioration de leurs capacités de contrôle de l'attention/impulsivité, de leurs capacités de contrôle cognitif, et de leurs compétences pré-académiques significativement supérieure à celle des enfants du groupe contrôle. Les résultats montrent également que les deux mesures

---

<sup>17</sup> La PSRA est une batterie d'évaluation composée par Smith-Donald et al. (2007) réunissant différentes épreuves conçues par des auteurs différents.

d'autorégulation précédentes médiatisent l'effet de l'intervention sur les performances pré-académiques. Les auteurs en concluent que leur intervention favorise les compétences d'autorégulation des jeunes enfants, et par là même leurs compétences pré-académiques.

Tableau 2 : Effets du programme CSRP sur les compétences d'autorégulation et académiques des enfants (adapté de Raver et al., 2011)

	Coefficient	Erreur-standard	Taille d'effet
<b>Compétences d'autorégulation</b>			
- Contrôle de l'attention/impulsivité	0.20*	0.09	0.43
- Fonctionnement exécutif	0.28*	0.13	0.37
- Contrôle de l'effort	0.13	0.10	0.20
<b>Compétences pré-académiques</b>			
- Vocabulaire	1.46*	0.60	0.34
- Dénomination de lettres	0.14**	0.05	0.63
- Mathématiques	2.21**	0.51	0.54

Note : Les coefficients ne sont pas standardisés.

\*  $p < .05$ . \*\*  $p < .01$ .

Plus récemment, des chercheurs ont examiné les effets à long-terme de cette intervention sur les enfants qui en ont bénéficié (Watts et al., 2018). Les auteurs ont réévalué les enfants de la cohorte initiale, dix ans après l'intervention, soit à l'âge de 14 ans environ. Ils ont cette fois interrogé les capacités de contrôle cognitif des adolescents, leurs capacités de régulation émotionnelle (considérées comme l'équivalent du contrôle de l'attention/impulsivité) et leur réussite scolaire. Par souci de pertinence des mesures, des épreuves différentes de l'étude de base ont été utilisées. La tâche *Heart and Flower* (Diamond et al., 2007) a été utilisée pour évaluer le contrôle cognitif, l'*Emotional Go No Go* (Tottenham et al., 2011) pour la régulation émotionnelle, et le *Self-Reported GPA* (Watts et al., 2018) pour la réussite académique. Les résultats montrent que le programme CSRP a eu un impact positif tendanciel ( $\beta = 0.18$  ;  $p = .08$ ) à long-terme sur les capacités de contrôle cognitif des adolescents. En revanche, les résultats montrent que le programme CSRP a significativement favorisé leur réussite scolaire en expliquant entre 19 et 40% de la variance ( $\beta = 0.19$  ;  $p < .05$ , selon le modèle de régression linéaire ;  $\log\text{-odds} = 0.40$  ;  $p < .05$ , selon le modèle de régression logistique ordinaire, plus adapté à la nature de la variable dépendante). Les résultats montrent également que les adolescents qui ont bénéficié du programme étaient plus sensibles aux stimuli émotionnels de colère et de tristesse que les adolescents du groupe contrôle (respectivement  $\beta = - 0.32$  ;  $p < .001$  et  $\beta = - 0.24$  ;  $p < .05$ ). Cette plus grande

sensibilité laisse à penser que ces adolescents seraient devenus plus vigilants et plus réactifs à ces stimuli, qui s'avèrent prépondérants dans leur environnement.

Finalement, le programme CSRP apporte des résultats plus prometteurs que les programmes d'entraînement des capacités de contrôle cognitif. Comme certains auteurs s'accordent à le dire, le problème des programmes axés sur l'entraînement des capacités de contrôle cognitif résiderait dans le fait qu'ils relèvent de processus *bottom-up*<sup>18</sup> et non *top-down*<sup>19</sup> (Espinete et al., 2013). Autrement dit, les capacités de contrôle cognitif ne représenteraient qu'une partie de l'ensemble des processus mis en œuvre dans une activité et leur modification en termes d'efficacité n'entraînerait pas nécessairement de transfert vers les processus cognitifs supérieurs. Ainsi, l'ensemble des processus cognitifs mobilisés ne se trouverait pas améliorés, pas plus que le produit qui en découle. C'est la raison pour laquelle certains soutiennent qu'il est essentiel d'agir sur des processus supérieurs (Espinete et al., 2013; Marulis et al., 2020; Zelazo, 2018), et les effets obtenus avec le programme CSRP en sont une première illustration. En stimulant les compétences d'autorégulation de jeunes enfants, des changements sont observables que ce soit en termes de transfert proche (autorégulation) comme en termes de transfert lointain (compétences académiques), et ce, relativement à long terme.

Toutefois, si le programme CSRP nous indique que les capacités de contrôle cognitif peuvent être significativement améliorées et engendrer une amélioration des compétences académiques, quel est le processus mobilisé au travers de cette intervention ? Comment l'enfant parvient-il à contrôler et à réguler ses actions au travers des indications implicites de l'enseignant ? Espinete, Anderson et Zelazo (2013) soutiennent l'idée que c'est la réflexivité qui est au cœur des améliorations constatées sur les plans exécutif et scolaire. La réflexivité correspond à la capacité à réfléchir sur ses propres activités cognitives, et fait partie du concept de métacognition qui inclut également la capacité à réguler ses activités cognitives (Flavell, 1976, 1979; Flavell et al., 2002). La métacognition étant l'un des processus sous-jacents de l'autorégulation, c'est probablement par ce biais que les enfants assimileraient les indications des enseignants pour s'autoréguler. Nous allons, à présent, voir

---

<sup>18</sup> Les processus *bottom-up* sont des processus qui vont du bas vers le haut. C'est le cas lorsque le niveau « objet » signale au niveau « méta » qu'il y a une erreur.

<sup>19</sup> Inversement, les processus *top-down* sont des processus qui vont du haut vers le bas, autrement dit, quand le niveau « méta » agit sur le niveau « objet ».

en quoi le développement de la métacognition constitue vraisemblablement un levier majeur pour la réussite scolaire.

### 3.3.3. Développer les capacités métacognitives

Espinet, Anderson et Zelazo (2013) considèrent la métacognition comme une capacité d'ordre supérieur vis-à-vis du contrôle cognitif. Afin de tester leur hypothèse, ils ont testé l'effet d'un entraînement métacognitif sur les capacités de contrôle cognitif chez des jeunes enfants en difficulté, en incluant des mesures comportementales et d'imagerie cérébrale. Dans un premier temps, ils ont réparti 29 enfants âgés de 2 à 4 ans en deux groupes (Exp. 1 et 2). Le groupe expérimental a reçu un entraînement métacognitif sur la tâche du *Dimensional Change Card Sort* (DCCS). Le DCCS est une tâche d'évaluation des capacités de contrôle cognitif (notamment la flexibilité) destinée aux enfants. Pour accomplir la tâche, les enfants doivent trier des cartes bivalentes (*e.g.*, pomme jaune et maison verte) en fonction d'une dimension (*e.g.*, couleur) puis de l'autre (*e.g.*, forme). Lorsque l'enfant donnait une mauvaise réponse, l'entraînement consistait à l'amener à réfléchir sur les représentations des règles contradictoires impliquées dans la tâche (Figure 4). Il s'agissait concrètement de demander à l'enfant de nommer la dimension et les caractéristiques pertinentes pour répondre, de donner un exemple cohérent, puis de s'assurer qu'il réponde correctement (pour plus de détails, voir Annexe 7). Les enfants ont reçu cet entraînement à hauteur de deux fois 20 essais, à une semaine d'intervalle. Parallèlement, le groupe contrôle était entraîné à l'utilisation des clauses relatives<sup>20</sup>. Afin de déterminer les bénéfices de l'entraînement métacognitif, les performances des enfants ont été évaluées avant et après l'entraînement à une tâche de transfert proche (DCCS standard avec de nouvelles dimensions) et à une tâche de transfert lointain (tâche de fausse croyance). Une seconde tâche de transfert proche (DCCS plus complexe à trois dimensions) a été incluse en post-test.

---

<sup>20</sup> Une tâche de clause relative est une tâche de compréhension de phrases syntaxiquement complexes, comprenant une proposition relative (c'est-à-dire une proposition principale et une proposition subordonnée).

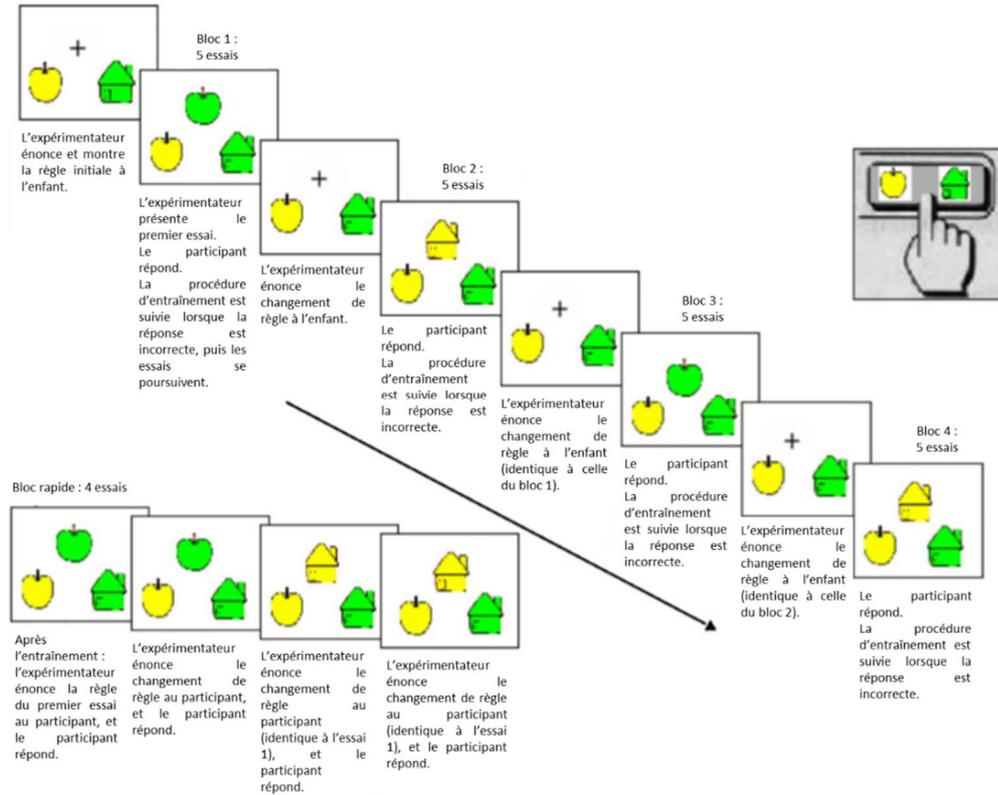


Figure 4 : Séquence d'évènements pour la version informatisée de l'entraînement au DCCS (adapté de Espinet, Anderson et Zelazo, 2013)

Les résultats, présentés dans le Tableau 3, ont montré que les enfants du groupe expérimental se sont significativement améliorés, comparativement aux enfants du groupe contrôle, en ce qui concerne la tâche standard du DCCS (transfert proche ;  $F_{(1,27)} = 5.66$  ;  $p = .03$  ;  $d = 0.90$ ). Leur progression est de l'ordre de 53 % entre le pré-test et le post-test, alors qu'elle n'est que de 17% pour les enfants du groupe contrôle (amélioration non significative). De même, les enfants du groupe expérimental ont significativement progressé par rapport aux enfants du groupe contrôle dans la tâche des fausses croyances (transfert lointain ;  $F_{(1,27)} = 5.66$  ;  $p = .03$  ;  $d = 0.54$ ). Ils ont vu leurs performances augmenter d'environ 23% entre le pré-test et le post-test, alors que les enfants du groupe contrôle ont vu leurs performances n'augmenter que de 7% (amélioration non significative). Enfin, les enfants du groupe expérimental présentent un taux de réussite significativement et fortement supérieur à celui des enfants du groupe contrôle sur la tâche complexe du DCCS (transfert proche ;  $F_{(1,27)} = 11.21$  ;  $p = .002$  ;  $d = 1.25$ ). Alors que 67% des enfants du groupe expérimental ont réussi la tâche au post-test, seuls 14% des enfants du groupe contrôle y sont parvenus.

Tableau 3 : Pourcentages moyens de bonnes réponses (et écarts-types correspondants) au pré-test, au post-test et entre le post-test/pré-test pour la tâche standard du DCCS et celle des fausses croyances, ainsi qu'au post-test pour la tâche complexe du DCCS

Tâche	DCCS standard (transfert proche)			Tâches des fausses croyances (transfert lointain)			DCCS complexe (transfert proche)
	Pré-test	Post-test	$\Delta$	Pré-test	Post-test	$\Delta$	% bonnes réponses
Condition métacognitive	1.3 (5.2)	54.7 (46.3)	53.3* (47.0)	6.7 (17.6)	30.0 (31.6)	23.3* (32.0)	73.3** (38.2)
Condition contrôle	1.4 (5.3)	18.6 (36.3)	17.1 (33.2)	21.4 (25.7)	28.6 (25.7)	7.1 (26.7)	28.6 (33.4)

Note :  $\Delta$  = % de bonnes réponses au post-test - % de bonnes réponses au pré-test

\* Effet significatif de la condition expérimentale dans le cadre d'une ANOVA simple (VD =  $\Delta$ ), à  $p = .03$

\*\* Effet significatif de la condition expérimentale dans le cadre d'une ANOVA simple (VD = % bonnes réponses), à  $p = .002$

Dans un second temps, l'expérience a été reproduite de manière informatisée afin d'explorer les corrélats neuronaux d'un entraînement métacognitif et les changements induits par celui-ci chez les enfants (Exp. 3). Les auteurs ont donc procédé à quelques adaptations pour cette expérience. Ils ont choisi d'inclure un groupe expérimental et deux groupes contrôles différents de la première expérience (« feed-back » et « pratique simple »). Dans les trois groupes, les enfants ont bénéficié d'un entraînement sur la tâche du DCCS, à hauteur d'une fois 20 essais. Les enfants du groupe expérimental ont bénéficié d'un entraînement métacognitif comme dans l'expérience précédente. Les enfants du groupe contrôle « feed-back » ont simplement reçu un feed-back correctif lors de l'entraînement sans explication supplémentaire (e.g., « C'est faux, tu es censé appuyer sur ce bouton » [l'expérimentateur pointe alors le bouton correct]). Enfin, les enfants du groupe contrôle « pratique simple » ont bénéficié de l'entraînement au DCCS sans recevoir un quelconque retour sur leurs réponses. Les enfants ont tous été évalués avant et après l'entraînement à l'aide d'une version informatisée du DCCS standard. De cette manière, le nombre de bonnes réponses fournies ainsi que le temps de réponse de chaque enfant ont été obtenus. Lors de cette évaluation, des mesures d'électro-encéphalographie (EEG) relative à l'onde N2 ont également été collectées chez les enfants (électrode n°16, 11, 6, 129). L'onde N2 est une composante des potentiels évoqués cognitifs, généralement associée aux capacités de détection de conflits cognitifs (Lamm et al., 2006). Elle est particulièrement intéressante dans cette étude puisqu'un conflit cognitif intervient dans la tâche du DCCS de par les règles changeantes à appliquer. Dans la mesure où un conflit cognitif intervient lors de la réalisation du DCCS, l'onde N2 devient

particulièrement intéressante pour déterminer si l'entraînement métacognitif induit une modification au niveau neuronal.

Les analyses sur l'amélioration des performances des enfants au DCCS standard ont montré un effet significatif du groupe d'entraînement ( $F_{(2,53)} = 8.66 ; p = .01$ ). Les enfants qui ont suivi l'entraînement métacognitif présentent une amélioration significativement meilleure ( $m = 39\% ; sd = 36\%$ ) que ceux qui ont suivi l'entraînement par feed-back ( $m = 5\% ; sd = 29\% ; d = 1.04$ ), et l'entraînement à la pratique simple ( $m = 3\% ; sd = 24\% ; d = 1.18$ ). Il semble également que le temps de réponse des enfants du groupe expérimental et du groupe « feed-back » se soient significativement allongé entre le pré-test et le post-test mais pas pour les enfants du groupe « pratique simple ». L'amélioration des performances et l'augmentation du temps de réponse pour les enfants du groupe expérimental va de pair avec une réduction significative de l'amplitude de l'onde N2 (voir Figure 5). En effet, sur tous les sites sauf le site 129, les enfants qui ont bénéficié de l'entraînement métacognitif présentent une réduction de l'amplitude de cette onde, contrairement aux enfants qui ont reçu un entraînement à la pratique simple (tous les  $p < .02 ; d = [0.82 - 0.92]$ ).

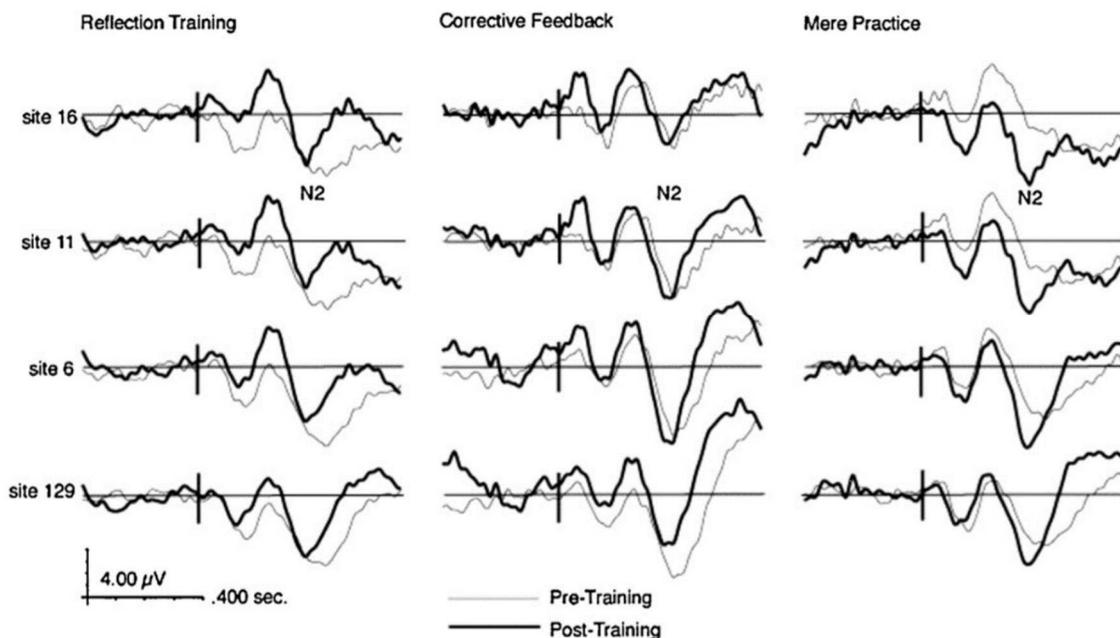


Figure 5 : Moyenne générale des formes des ondes formées par le stimulus aux sites 16, 11, 6, 129, enregistrées pendant la performance des enfants lors du bloc 2 du DCCS au pré-test et au post-test. Les formes des ondes représentent la différence d'amplitude de l'onde N2 entre les formes d'ondes au pré-test et au post-test pour les enfants qui ont reçu l'entraînement métacognitif, l'entraînement par feed-back, et l'entraînement à la pratique simple

Ces deux expériences mettent en évidence l'intérêt d'un entraînement métacognitif en termes de transfert proche et lointain des capacités de contrôle cognitif (respectivement avec un effet fort et moyen). Ces résultats appuient donc l'idée que la métacognition a un rôle clé dans le développement du contrôle cognitif et qu'il est possible d'entraîner les enfants à réfléchir à un plus haut niveau d'abstraction pour qu'ils puissent appréhender et résoudre une tâche. Les modifications observées au niveau de l'onde N2 viennent renforcer l'hypothèse avancée par les auteurs. Tel qu'ils le suggèrent la réduction de l'onde N2 et l'augmentation du temps de réponse sont le signe que les enfants prennent le temps de réfléchir à la nature de la tâche. La métacognition leur permettrait alors de dépasser le conflit cognitif détecté et de parvenir à une résolution efficace de ce dernier. Ainsi, les auteurs soutiennent que l'amélioration des capacités de contrôle cognitif et le transfert à d'autres activités nécessiterait une démarche métacognitive (Espinet et al., 2013; Marulis et al., 2020). Le contrôle cognitif constituerait alors le moyen dont dispose un individu pour mettre en œuvre cette activité métacognitive. Selon Demetriou et al. (2018), les interventions qui permettraient aux élèves d'être plus efficaces, notamment à l'école, seraient des interventions basées sur une conscientisation des processus cognitifs de l'individu. En prenant conscience des outils cognitifs qu'ils ont à leur disposition et de leurs possibles applications, les élèves seraient ainsi plus enclins à transférer leurs capacités exécutives à d'autres compétences ou d'autres situations. L'explication avancée par ces auteurs, est que la conscientisation amènerait à un niveau d'abstraction supérieur des représentations, permettant ainsi de manipuler plus facilement les représentations d'ordre inférieur. Zelazo (2018) préconise ainsi de compléter l'entraînement des capacités de contrôle cognitif par un entraînement métacognitif pour faciliter le transfert des capacités exécutives à d'autres capacités et d'autres situations. La métacognition semble être un processus intermédiaire pertinent sur lequel il est possible d'influer pour favoriser le fonctionnement exécutif. Pour autant, quel est son intérêt pour les apprentissages scolaires ? Nous allons maintenant tenter de déterminer comment et dans quelles mesures la métacognition participe aux apprentissages scolaires.

#### 4. Une proposition : soutenir la métacognition de l'élève

##### *4.1. Les rôles de la métacognition dans les apprentissages scolaires*

La métacognition suscite l'intérêt des psychologues et des éducateurs depuis plusieurs décennies dans la mesure où elle constitue le meilleur facteur pour favoriser l'apprentissage

scolaire (Wang et al., 1990). En effet, ce dernier serait renforcé lorsque les apprenants utilisent leurs capacités métacognitives pour atteindre leurs objectifs (Kluwe, 1982). Certains soutiennent même que la métacognition n'est pas seulement un bonus pour les apprentissages scolaires mais qu'elle en constitue une partie (De Corte et al., 2000; Hacker, Keener, et al., 2009). Avant de comprendre la contribution de la métacognition dans les apprentissages scolaires, nous allons nous interroger sur les rôles qu'elle y joue.

Le premier est lié à la notion d'agentivité comme le précisent Hacker, Dunlosky, et Graesser « les élèves qui réussissent prennent en charge leurs apprentissages »<sup>21</sup> (2009, p. 1). Selon Bandura (1982), le sens de l'agentivité correspond au fait d'être à l'origine de ses actes. En ce sens, la métacognition rend à l'élève son rôle d'acteur dans ses apprentissages scolaires. Ce dernier n'est plus un élève qui reçoit passivement l'information mais un élève qui utilise, manipule, analyse les informations et la situation pour construire des stratégies d'apprentissage (Marulis et al., 2020; Paris & Winograd, 1990b). La métacognition implique la participation active de l'élève : sans introspection de sa part alors aucun contrôle n'est possible (T. O. Nelson, 1996). De nombreuses études ont d'ailleurs montré que l'engagement actif de l'élève dans ses apprentissages scolaires facilite ces apprentissages, et optimise ainsi les performances scolaires (Dehaene, 2012; Freeman et al., 2014; Karpicke & Roediger, 2008). La méta-analyse de Freeman et al. (2014), qui recense 225 études, compare l'impact des cours magistraux (écoute passive) aux pédagogies actives sur les performances scolaires des étudiants. Les résultats ont montré un bénéfice des pédagogies actives comparativement aux cours magistraux. Les auteurs ont observé une amélioration d'un demi écart-type des scores aux examens des étudiants et ce, quel que soit le domaine. Dehaene (2012) considère d'ailleurs que l'engagement actif est un des quatre piliers fondamentaux de l'apprentissage, et la métacognition serait un moyen de l'optimiser (Smith et al., 2007).

La notion d'agentivité est liée à des aspects affectifs tels que le sentiment d'auto-efficacité et la motivation, qui reflètent le second rôle de la métacognition (Bandura, 1982; Efklides, 2008; Paris & Winograd, 1990b). Le premier aspect qu'est le sentiment d'auto-efficacité, correspond à l'évaluation par l'élève de ses actions vis-à-vis de sa performance. Cette évaluation requiert un minimum d'introspection. Or, la métacognition implique une auto-évaluation consciente par l'élève des capacités dont il dispose sur le plan cognitif. Ainsi, elle contribue au sentiment d'auto-efficacité personnelle de l'élève (Efklides, 2008; Panaoura &

---

<sup>21</sup> « *successful students take charge of their own learning* » (Hacker, Dunlosky, et al., 2009, p. 1).

Philippou, 2007). Ce sentiment d'auto-efficacité est généralement considéré comme étant dichotomique de type faible/fort, mais nous soutiendrons ici l'idée qu'il peut revêtir trois formes telles que faible, équilibré, et élevé (Famose & Bertsch, 2009). De cette manière, le développement de la métacognition peut alors engendrer trois effets différents sur le sentiment d'auto-efficacité des élèves. Le premier cas de figure concerne les élèves qui se dévalorisent sur le plan scolaire. Le développement des capacités métacognitives peut alors les aider à prendre conscience de leurs réelles compétences et ainsi améliorer leur sentiment d'auto-efficacité. Le second cas de figure concerne les élèves qui ont une perception relativement correcte de leurs compétences scolaires. Dans ce cas, le développement de leurs capacités métacognitives n'aura pas (ou peu) d'impact sur leur sentiment d'auto-efficacité. Toutefois, pour les élèves qui sont faiblement efficaces, le développement de leurs capacités métacognitives leur permettra d'appliquer des comportements plus efficaces dans leurs apprentissages, qui par retour d'expérience impactera indirectement leur sentiment d'auto-efficacité. Le troisième cas de figure concerne les élèves qui surestiment leurs compétences. Bien que ces élèves présentent un bon sentiment d'auto-efficacité, celui-ci n'est pas nécessairement représentatif de leurs compétences réelles (Efklides, 2008; Flavell, 1979; T. O. Nelson, 1996). Ainsi, le développement de capacités métacognitives peut leur permettre de réajuster leur perception, et donc leur sentiment d'auto-efficacité (Kruger & Dunning, 1999). Cet ajustement est d'autant plus important dans la mesure où il va guider le comportement de l'élève face à une tâche, une difficulté ou une erreur (Famose & Bertsch, 2009). C'est parce que l'élève a conscience de l'état réel de ses capacités qu'il va pouvoir agir au mieux. Si cet élève présente une vision distordue de lui-même alors il y a de fortes chances, s'il se dévalorise, qu'il abandonne la tâche avant même de l'avoir commencée ou, s'il se surestime, qu'il réalise la tâche sans réfléchir, sans contrôler ni vérifier ce qu'il fait. La métacognition est alors un moyen de réajuster ce sentiment d'auto-efficacité, qui influence les performances scolaires de par la gestion des activités qu'il induit (Paris & Winograd, 1990a, 1990b).

De plus, le sentiment d'auto-efficacité influence également les performances scolaires des élèves de par les mécanismes motivationnels qu'il génère (Famose & Bertsch, 2009; Marulis & Nelson, 2021; McFarlin et al., 1984; Multon et al., 1991; Paris & Winograd, 1990a; Zimmerman et al., 1992; Zimmerman & Martinez-Pons, 1986). C'est donc par le biais du sentiment d'auto-efficacité que la métacognition joue un rôle dans la motivation d'un élève. En effet, un élève ayant un sentiment d'auto-efficacité équilibré a envie de réussir, surmonte

l'échec, les critiques, et persévère face à la difficulté. Cette confrontation à la réalité est active et vertueuse dans la mesure où l'élève peut se remettre en question, rechercher un soutien social et prendre des risques afin de repousser les limites de ses capacités (André & Lelord, 1999; Famose & Bertsch, 2009). En revanche, un élève qui a un faible sentiment d'auto-efficacité, a peur d'échouer. Alors pour éviter l'échec, le mieux est encore de ne rien faire. L'élève est alors dans le fatalisme (« je suis nul ») et l'anticipation négative (« je ne vais pas y arriver ») ce qui le conduit à éviter les problèmes ou à se contenter de l'objectif à atteindre mais sans prendre de risque. À l'inverse, un élève qui a un sentiment d'auto-efficacité élevé, n'a excessivement pas peur d'échouer, ni de s'engager dans des tâches. Bien au contraire, l'élève ne doute pas assez de lui et prend trop de risques (Famose & Bertsch, 2009; Feather, 1982; McFarlin et al., 1984). De même, il a tendance à entreprendre des projets trop ambitieux, complexes voire insolubles vis-à-vis de ses possibilités. La persévérance dont il fait preuve est alors contre-productive devenant chronophage, énergivore, et conduisant inévitablement à l'échec. Par conséquent, en agissant sur le sentiment d'auto-efficacité, la métacognition modifie également la motivation d'un élève, c'est-à-dire la manière dont il aborde les apprentissages.

La métacognition est aussi un moyen de favoriser la réussite de l'élève dans la gestion de ses activités (Doly, 2006; Gourgey, 2001; Murray et al., 2016; Whitebread, 1999). Elle permet de diriger la cognition afin de favoriser l'orientation de l'attention, l'organisation d'un plan d'actions en fonction d'un but, la détection et la correction des erreurs, ou encore l'évaluation du travail réalisé. En agissant de la sorte, l'élève a plus de chance d'aller jusqu'au bout de la tâche par exemple, ou de mieux encoder l'information à retenir. Ainsi, un élève qui sait ce qu'il fait dans une tâche, c'est-à-dire quelles connaissances il utilise, pourquoi, quand, comment il les utilise, qui vérifie et régule ses actions a plus de chances de parvenir à la réussite de ladite tâche. La métacognition permet donc à l'élève, au-delà des aspects disciplinaires, d'augmenter son taux de réussite à une tâche en développant une méthodologie de contrôle et de régulation de ses activités.

Enfin, la métacognition pourrait faciliter le transfert des apprentissages (Clerc et al., 2014). Le transfert a lieu lorsque des connaissances ou des compétences apprises dans un contexte particulier sont réinvesties dans un contexte nouveau (Perkins & Salomon, 1992; Tardif, 1999). C'est ce dont il est question lorsqu'un élève ayant appris à réaliser des divisions, réutilise ces savoirs pour accomplir un autre problème impliquant la division (transfert proche), pour doser un dixième de litre de solution en physique, ou encore pour déterminer

le prix d'un paquet de bonbons vendu en lot de trois (transfert lointain). De cette manière, le transfert est à la base de l'avancée dans les apprentissages mais constitue également l'objectif ultime de l'école (Perkins & Salomon, 1992; Tardif, 1999). Toutefois, certaines conditions doivent être remplies pour que le transfert puisse avoir lieu, et notamment qu'un travail d'abstraction soit effectué (Perkins & Salomon, 1992). Il s'agit alors pour l'élève d'abstraire les propriétés et les relations inhérentes à différentes situations pour les rassembler en une seule et même représentation consciente. Autrement dit, un travail d'abstraction est un processus de conceptualisation, qui correspond au passage d'une représentation épisodique à une représentation basée sur des principes et des règles (Demetriou et al., 2018; Piaget, 1974). L'abstraction est ainsi la voie par laquelle la métacognition peut favoriser le transfert (Brown et al., 1981; Demetriou et al., 2018; Zelazo, 2018).

Le processus pour y parvenir est graduel et comporte plusieurs conditions (Brown, 1987; Doly, 1998, 2006; Fayol & Monteil, 1994; Karmiloff-Smith, 1992; Piaget, 1974). Tout d'abord, l'élève dégage le rapport existant entre le résultat de ses actes et le but poursuivi vis-à-vis d'une tâche, sur la base des connaissances métacognitives<sup>22</sup> contextuelles auxquelles il doit avoir accès. À ce stade, l'élève agit au hasard pour atteindre son objectif. Au fur et à mesure des expériences métacognitives<sup>23</sup> pour une même tâche, il parvient alors à mettre en perspective les moyens mis en œuvre, le résultat obtenu, et le but poursuivi. Durant cette phase, l'élève procède par essais et erreurs, c'est-à-dire qu'il éprouve volontairement différentes stratégies et les résultats qu'elles provoquent. En évaluant ces opérations, l'élève améliore voire accroît ses connaissances et ses compétences métacognitives<sup>24</sup>. Toutefois, ces dernières restent dépendantes du contexte, ce qui restreint le transfert à un transfert proche. L'étape ultime pour l'élève est alors la mise en lien des différentes connaissances acquises et la mise à distance des contextes dans lesquels elles ont été acquises. La finalité est d'extraire la structure invariante de la situation en reliant les causes, les moyens, le résultat et le but. La règle de résolution ainsi dégagée peut enfin être

---

<sup>22</sup> Les connaissances métacognitives correspondent aux connaissances qu'un individu a des processus cognitifs humains, de leurs conséquences, de leurs limites et des facteurs qui les influencent (Flavell et al., 2002). Ce point sera abordé plus en détails dans la première partie du chapitre 2.

<sup>23</sup> Les expériences métacognitives correspondent à toutes les expériences cognitives ou affectives conscientes qui accompagnent une activité cognitive (Flavell, 1979). Ce point sera abordé plus en détails dans la première partie du chapitre 2.

<sup>24</sup> Les compétences métacognitives correspondent aux différents processus qu'un individu met délibérément en œuvre en fonction d'un but pour contrôler ses activités cognitives lors d'une tâche (Flavell et al., 2002). Ce point sera abordé plus en détails dans la première partie du chapitre 2.

réutilisée à l'infini quel que soit le contexte de présentation de la situation. En résumé, l'élève doit disposer de connaissances métacognitives, y avoir accès, puis faire de multiples expériences métacognitives (répétition d'expérience de prise de conscience), et enfin opérer une mise en lien ainsi qu'une décontextualisation des connaissances acquises pour parvenir à un niveau d'abstraction suffisant favorisant le transfert lointain des connaissances. De cette manière, la métacognition contribue au transfert des apprentissages et donc, indirectement, à la réussite scolaire des élèves (Brown, 1987; Doly, 2006; Paris & Winograd, 1990a).

La métacognition semble représenter un déterminant majeur de l'apprentissage scolaire. Elle y joue plusieurs rôles impliquant la sphère affective et/ou cognitive. Concernant la sphère affective, elle place l'élève en position d'acteur de ses apprentissages. Elle lui permet également d'accéder à une meilleure compréhension de ses forces et de ses faiblesses pour mieux agir en retour. Cette compréhension s'accompagne d'une perception constructive de l'apprentissage, qui est alors source de motivation. Sur le plan cognitif, elle favorise la gestion des processus cognitifs à l'œuvre dans les apprentissages. Enfin, elle optimise la portée des apprentissages de l'élève en lui permettant d'outrepasser les informations de surface qui lui sont présentées. Comme le résume Stanislas Dehaene (Dehaene, 2018b), président du Conseil Scientifique de l'Éducation Nationale (CSEN), la métacognition est à la source de l'apprentissage : « c'est parce que nous savons que nous ne savons pas, mais que nous pensons que nous allons pouvoir apprendre, que nous allons nous engager dans un apprentissage ». De cette façon, la métacognition enclenche le cercle vertueux de la réussite scolaire. Son intérêt semble donc considérable pour la réussite scolaire.

#### *4.2. Les impacts de la métacognition sur la réussite scolaire*

Bien que les activités métacognitives varient en fonction du domaine de la tâche à réaliser (pour une revue des activités métacognitives spécifiques en fonction des domaines, voir Veenman et al., 2012), leur efficacité est associée, voire même contribue à de meilleures performances (Dunlosky & Rawson, 2012; Eme & Rouet, 2001; Roderer & Roebbers, 2014; Schneider & Artelt, 2010; Swanson, 1990; pour une revue, voir Dunlosky & Metcalfe, 2009) ainsi qu'au transfert des capacités cognitives d'une tâche à une autre (Brown et al., 1983; Fisher, 1998; Perkins & Salomon, 1992).

Plusieurs études ont montré que les connaissances métacognitives améliorent les performances scolaires en permettant la mise en œuvre de stratégies appropriées (Artelt et al., 2001; DeMarie et al., 2004; Geurten, Lejeune, et al., 2016; Grammer et al., 2011;

Hutchens et al., 2012). De même, le fait d'avoir de bonnes capacités de jugement (de confiance et d'exactitude) amène les individus à de meilleures performances (Dunlosky & Metcalfe, 2009; Dunlosky & Rawson, 2012; Dunning et al., 2003; Kruger & Dunning, 1999; Rinne & Mazocco, 2014; Roderer & Roebbers, 2014). Dans une étude longitudinale de trois ans, Rinne et Mazocco (2014) se sont intéressés au lien entre l'ajustement des jugements de confiance<sup>25</sup> et les performances en arithmétique d'adolescents âgés de 10-11 ans. Les analyses statistiques ont révélé qu'un bon ajustement des jugements de confiance est prédicteur de bonnes performances en arithmétique. Les auteurs évoquent, comme pour les connaissances métacognitives, que ce lien de cause à effet est probablement médiatisé par une meilleure utilisation des compétences métacognitives. D'autres études ont d'ailleurs montré l'impact de ces compétences métacognitives sur les performances scolaires (DeMarie et al., 2004; Roderer & Roebbers, 2014; Roebbers et al., 2012, 2014; van der Stel et al., 2010; van der Stel & Veenman, 2010, 2014; Veenman & Beishuizen, 2004; Veenman & Spaans, 2005). Par exemple, Veenman et Spaans (2005) ont tenté de déterminer la part de variance imputable aux compétences métacognitives dans les performances en mathématiques et en physique chez des adolescents de 13-14 ans et 14-15ans, en testant l'hypothèse que cette dernière est partiellement indépendante de l'intelligence. Les résultats ont montré que les compétences métacognitives des plus jeunes expliquent 14.4% vs. 37.7% chez les plus âgés de leurs performances en mathématiques, et 52.7% vs. 37.7% de leurs performances en physique. Enfin, l'étude de Desoete et al. (2001) a examiné les liens existants entre la métacognition de manière générale et les performances en mathématiques chez des enfants âgés de 8-9 ans. L'analyse en composantes principales a révélé que les trois composantes de la métacognition, les connaissances, les expériences, et les compétences métacognitives, permettent d'expliquer jusqu'à 37 % des performances en mathématiques de ces enfants.

Les caractéristiques qui distinguent les élèves experts des novices démontrent également l'intérêt de la métacognition pour la réussite scolaire. En effet, plusieurs études ont montré que les individus experts se différencient des novices par les connaissances métacognitives dont ils disposent (Chi et al., 1989; Reif, 2008; Sabella & Redish, 2007; Vu et al., 2000), les expériences métacognitives (Chi, 1978, 1987; Chi et al., 1982), et les compétences métacognitives dont ils font preuve (Nelms & Segura-Totten, 2019; Pape & Wang, 2003;

---

<sup>25</sup> L'ajustement des jugements de confiance correspond au ratio entre le jugement de confiance en la réponse et le caractère correct de la réponse donnée (Koriat, 2011).

Zimmerman & Martinez-Pons, 1986). Les experts seraient ainsi en capacité de repérer et de déclencher les connaissances pertinentes relatives à la tâche pour résoudre un problème alors que les novices activeraient des connaissances superficielles et non pertinentes (Chi, 1987; Chi et al., 1989). Cette différence de connaissances mobilisées est à l'origine d'une seconde différence entre les experts et les novices, qu'est le degré de précision de leurs prédictions (Chi, 1978, 1987; voir aussi van Loon et al., 2013). En effet, les experts sont plus précis que les novices pour prédire quels problèmes de physique seront plus difficiles à résoudre dans la mesure où ils s'appuient sur le principe de physique sous-jacent à la solution alors que les novices ont recours à des éléments non liés au problème. Pape et Wang (2003) ont, quant à eux, exploré les différences de stratégies entre des adolescents faibles et forts en mathématiques. Les résultats ont montré que les deux groupes d'élèves se distinguent par le nombre de stratégies et de catégories de stratégies différentes employées. En effet, les élèves qui ont de meilleures performances en mathématiques sont ceux qui utilisent une plus grande variété de stratégies et de catégories de stratégies. Par ailleurs, les auteurs ont montré que de bonnes performances en mathématiques, notamment dans les problèmes difficiles, sont liées à une « *meaningful approach* » de la part de l'élève. Dans cette approche, l'élève se focalise sur les éléments du problème et les relations qu'ils entretiennent, ce qui lui permet de créer une représentation mentale globale du problème qui favorise sa résolution. Les élèves qui utilisent cette approche sont ceux qui rapportent l'utilisation de différentes procédures métacognitives d'orientation (ex : définir l'objectif), de planification (ex : déterminer les étapes à réaliser), et de régulation (ex : arrêter la tâche). Seulement, les auteurs remarquent qu'à peine 30% des adolescents issus de leur échantillon emploient cette approche.

Sternberg (1998) résume les caractéristiques de l'expertise en considérant notamment que les personnes expertes disposent de schémas riches, variés, et bien organisés, qui contiennent une grande quantité de connaissances métacognitives. De plus, ces personnes développent des représentations mentales des situations-problèmes, anticipent correctement la difficulté d'une tâche, utilisent efficacement leur temps, et les indices qui sont à leur disposition pour sélectionner la stratégie la plus adéquate. Enfin, les experts font preuve d'un *monitoring* accru et précis.

Par ailleurs, les capacités métacognitives contribuent indépendamment autant, si ce n'est plus, que les capacités intellectuelles<sup>26</sup> et de contrôle cognitif aux performances scolaires (Alexander & Schwanenflugel, 1996; Snyder et al., 2011; van der Stel et al., 2010; Yeniad et al., 2013). Bien qu'il n'existe pas d'étude, à notre connaissance, qui se soit intéressée à ces trois facteurs simultanément, nous présenterons ici les résultats d'études les ayant étudiés séparément. Veenman et ses collaborateurs ont montré que les capacités métacognitives se développent de manière parallèle et contribuent significativement plus aux performances scolaires que les capacités intellectuelles (van der Stel et al., 2010; van der Stel & Veenman, 2008; Veenman et al., 2004, 2005; Veenman & Spaans, 2005). Ils ont notamment évalué les compétences métacognitives, les capacités intellectuelles, et les performances scolaires en mathématiques d'adolescents âgés de 14-15 ans (van der Stel et al., 2010). Un protocole d'observation a été utilisé pour apprécier les compétences métacognitives des adolescents et une série de quatre tests<sup>27</sup>, correspondant à quatre facteurs du modèle de Carroll (1993), pour mesurer les capacités intellectuelles. Les résultats ont montré que les compétences métacognitives des adolescents âgés de 14-15 ans expliquent à elles seules 42.8% de la variance de leurs performances scolaires. Cet impact de la métacognition sur les performances scolaires, en tenant compte de celui de l'intelligence, semble d'autant plus fort avec l'âge. Comparativement, les capacités de contrôle cognitif ne contribueraient qu'entre 3 et 10 % aux performances scolaires (C. A. C. Clark et al., 2010; Latzman et al., 2010). Latzman et al. (2010) ont exploré la contribution du contrôle cognitif (flexibilité, mise à jour, et inhibition) aux performances scolaires d'élèves âgés de 11 à 16 ans en tenant compte des capacités intellectuelles. Les capacités de contrôle cognitif ont été mesurées au travers de 8 subtests standardisés du *Delis-Kaplan Executive Functions System* (Delis et al., 2001). Les capacités intellectuelles ont été évaluées à l'aide du *Kaufman Brief Intelligence Test, Second Edition* (Kaufman & Kaufman, 2006), qui reprend deux facteurs du modèle de Carroll (l'intelligence fluide et l'intelligence cristallisée ; 1993). Leurs résultats ont montré que les

---

<sup>26</sup> Le modèle de Carroll (1993) constitue le référentiel des auteurs mentionnés ici pour définir l'intelligence. Selon ce modèle, l'intelligence est une capacité mentale générale qui implique d'autres capacités telles que les capacités à raisonner, à planifier ou encore à apprendre. Elle est conçue par Carroll comme une pyramide à trois niveaux. Le premier niveau se constitue d'une trentaine de facteurs spécifique. Le second niveau regroupe huit facteurs que sont l'intelligence fluide, l'intelligence cristallisée, la mémoire, la perception visuelle, la perception auditive, la capacité de récupération, la rapidité cognitive, et la vitesse de traitement. Ces facteurs se rassemblent autour du facteur général d'intelligence (g) qui représente le troisième et dernier niveau.

<sup>27</sup> Trois subtests du *Groninger Intelligence test for Secondary Education* (Van Dijk & Tellegen, 1994) ont été sélectionnés : les subtests *Number series* pour l'intelligence fluide, *Verbal analogies* pour l'intelligence cristallisée, et *Unfolding figures* pour la perception visuelle. Un quatrième test a été ajouté pour apprécier les capacités de mémoire : *Names and Professions* (Pour plus de détails, voir Veenman & Beishuizen, 2004).

capacités de contrôle cognitif étaient moyennement voire fortement liées aux performances scolaires ( $r$  compris entre .36 et .56). En revanche, elles ne contribuaient qu'à hauteur de 6 à 10 % de la variance des performances scolaires lorsque celle due aux capacités intellectuelles était contrôlée. La méta-analyse de Jacob et Parkinson (2015) présente des résultats plus réservés encore. Les auteurs se sont intéressés à l'intérêt des capacités de contrôle cognitif pour améliorer les performances scolaires au travers de 67 études. Ils ont montré que les études actuelles ne fournissent aucune preuve convaincante d'un lien de causalité entre le niveau d'efficacité du contrôle cognitif et les performances scolaires, malgré un lien inconditionnel (aux alentours de 0.30) quel que soit l'âge, le composant exécutif, ou le type de mesure.

Pour résumer, la métacognition ne remplace pas les connaissances et les compétences disciplinaires relatives à une tâche à réaliser, elle travaille de concert avec ces dernières. En revanche, elle les surpasse. Prenons l'exemple de deux élèves dont l'un présente de fortes capacités métacognitives, l'autre de faibles capacités métacognitives. Si ces deux élèves sont amenés à réaliser la même tâche, tous deux en l'absence de connaissances préalables sur le sujet, alors leurs capacités métacognitives distingueront leurs performances à cette tâche. Le fait est, comme l'illustre l'exemple de Flavell (1979), que l'élève métacognitif sait qu'il ne dispose pas de connaissance dans ce domaine, mais sait comment faire pour y parvenir, de même qu'il sait mettre en application cette méthode. En conséquence, cet élève présente de fortes chances de réussite à la tâche en question, malgré l'absence de connaissances de base sur le sujet. Les élèves métacognitifs semblent être des experts de l'apprentissage, capables de s'adapter aux tâches et aux situations quel que soit leur niveau de connaissances dans le domaine. À l'inverse, l'élève non métacognitif ne sait pas qu'il ne sait pas, ni comment faire pour acquérir des connaissances. Ce manque de connaissances induit alors une réponse inadaptée (prise en compte d'informations inutiles par exemple), diminuant alors fortement les chances de réussite de l'élève à la tâche. C'est d'ailleurs un défaut de métacognition qui semble caractériser les élèves en difficulté voire en échec scolaire. Ces élèves sont dans l'incapacité de retrouver, de mettre en place et de gérer une stratégie efficace pour réaliser une tâche (Geary, 2003; Pape & Wang, 2003; Pressley & Levin, 1986; Wong, 1994). De surcroît, l'utilisation d'une stratégie est dépendante des connaissances et des expériences métacognitives que l'élève dispose sur cette stratégie. Or, plusieurs études ont montré que les élèves en difficulté scolaire se caractérisent également par leur manque de connaissances métacognitives adéquates et de conscience pour réussir une tâche (Desoete et al., 2001;

Geary, 2003; Pape & Wang, 2003; Pennequin et al., 2010; Wong, 1994). Par conséquent, la métacognition se révèle être une solution pour répondre à la problématique de l'échec scolaire et, le développement de programmes pédagogiques visant à la favoriser devient une nécessité.

## 5. Conclusion

Dans un monde où les changements sont rapides et omniprésents, il apparaît essentiel de préparer la future génération à avoir les capacités de s'y adapter notamment au niveau professionnel. C'est là, l'un des rôles de l'École. Or, les conclusions des rapports nationaux et internationaux concernant le système éducatif français se succèdent et ne sont guère flatteurs. L'école semble elle-même source d'échec scolaire, de par les inégalités scolaires qu'elle semble renforcer, et les inégalités sociales qu'elle n'arriverait pas à enrayer. La réforme du Collège s'inscrit dans ce contexte afin que le système éducatif français retrouve son efficacité en garantissant la réussite de tous les élèves, quelles que soient leurs origines sociales. Cet objectif se traduit par une modification des savoirs, des méthodes d'apprentissage pour les élèves, et de transmission pour les professeurs. Cependant, les textes ne donnent aucune précision quant aux moyens que les enseignants doivent employer pour atteindre cet objectif. L'un des enjeux de cette réforme est alors de proposer aux enseignants de collège des outils qui leur permettent de soutenir les capacités à apprendre des élèves.

Indépendamment du domaine de l'éducation, les sciences cognitives se sont développées. De la boîte noire des behavioristes à la métaphore de l'ordinateur, les sciences cognitives sont nées de l'interaction entre différentes disciplines ayant toutes pour but de déchiffrer l'organe mystérieux qu'est le cerveau humain. Cet organe étant au cœur des apprentissages scolaires, les sciences cognitives se sont alors rapprochées du domaine de l'éducation. Au-delà d'un simple lien, les sciences cognitives peuvent être au service de l'éducation. En effet, la compréhension des processus cognitifs impliqués dans les apprentissages peut moduler les approches et programmes pédagogiques afin d'optimiser les apprentissages scolaires de tous les élèves. Dans cette perspective, les processus de gestion de la cognition s'avèrent particulièrement pertinents dans la mesure où ils constituent une ressource majeure pour apprendre et réussir. Différentes approches ont vu le jour pour favoriser leur développement. Leur analyse laisse à penser qu'une approche métacognitive, basée sur la conscientisation des processus cognitifs mis en jeu par l'élève, serait optimale pour favoriser la réussite

scolaire. Cette suggestion prend tout son sens au vu de la place essentielle de la métacognition dans les apprentissages scolaires. Elle pourrait ainsi être un levier sur lequel s'appuyer pour favoriser la réussite scolaire de tous les collégiens. Dans le Chapitre 2, nous allons donc aborder les fondements théoriques du concept de métacognition, de sa définition, à son développement en passant par son fonctionnement. Grâce à cet éclairage théorique, nous nous concentrerons sur la manière de mettre en application la métacognition en classe au travers d'un programme pédagogique.



LA MÉTACOGNITION :  
THÉORIE ET MISE EN APPLICATION  
EN CONTEXTE SCOLAIRE

*« L'objectif de l'éducation n'est pas de créer des penseurs prudents et conscients d'eux-mêmes et de leur propre pensée - qui immobiliseraient l'apprentissage au lieu de le renforcer. Au contraire, la métacognition peut fournir aux élèves des connaissances et une confiance en soi qui leur permettent de gérer leur propre apprentissage et leur donnent les moyens d'être curieux et persévérants dans leur quête »*

Paris et Winograd, 1990

## 1. Introduction

La métacognition apparaît comme un des leviers possibles pour favoriser la réussite scolaire. De sa théorisation à sa mise en pratique en classe, la métacognition constitue un concept complexe. Dans ce chapitre, nous allons détailler ses composantes, son fonctionnement, ses caractéristiques, ainsi que son développement. Nous prendrons appui sur les travaux de Flavell (1976, 1979; Flavell et al., 2002), que nous compléterons avec ceux de ses successeurs. L'objectif visé est la clarification du cadre conceptuel de la métacognition en vue de questionner la manière de la mettre en application en classe en vue de favoriser la réussite scolaire de tous les collégiens. Une synthèse des préconisations dans le domaine nous amènera à conclure qu'un programme pédagogique métacognitif en cinq points doit être élaboré pour répondre à cet objectif.

## 2. Le cadre conceptuel de la métacognition

La métacognition représente la capacité à penser sur ses propres processus de pensée, c'est-à-dire la capacité à connaître et à réguler nos activités cognitives. Ce concept a été introduit par Flavell en 1976, qui sera le précurseur d'un vaste champ de recherche (Flavell, 1976; Flavell et al., 2002). Selon lui, la métacognition « *se rapporte à la connaissance qu'on a de ses propres processus cognitifs, de leurs produits et de tout ce qui touche, par exemple, les propriétés pertinentes pour l'apprentissage d'informations et de données. [...] La métacognition se rapporte entre autres choses, à l'évaluation active, à la régulation et l'organisation de ces processus en fonction des objets cognitifs ou des données sur lesquelles ils portent, habituellement pour servir un but ou un objectif concret* »<sup>28</sup> (Flavell, 1976, p. 232; traduction de Wagener, 2011). En prenant appui sur les travaux de leurs confrères, Flavell et ses collaborateurs ont distingué trois grandes composantes dans la métacognition qui s'articulent autour de deux fonctions essentielles. Ainsi, les connaissances et les expériences métacognitives participent à la surveillance de la cognition (aussi nommé « *monitoring* »), et les compétences métacognitives sont la manifestation des fonctions de contrôle de la cognition (Brown, 1987; Flavell et al., 2002; T. O. Nelson & Narens, 1990).

---

<sup>28</sup> « *Metacognition refers to one's knowledge concerning one's own cognitive processes and products or anything related to them, e.g., the learning-relevant properties of information or data.[...] Metacognition refers, among other things, to the active monitoring and consequent regulation and orchestration of these processes in relation to the cognitive objects or data on which they bear, usually in the service of some concrete goal or objective* » (Flavell, 1976, p. 232).

## 2.1. Les composantes de la métacognition

### 2.1.1. Les connaissances métacognitives

Les connaissances métacognitives correspondent aux connaissances qu'un individu a des processus cognitifs humains, de leurs conséquences, de leurs limites et des facteurs qui les influencent (Flavell et al., 2002). Ces connaissances sont semblables aux autres connaissances stockées en mémoire à long terme qu'un individu possède (Flavell, 1979). Par nature, elles sont donc relativement stables dans le temps, accessibles à la conscience et potentiellement verbalisables (Brown et al., 1983; Flavell & Wellman, 1977). Flavell et Wellman (1977) pensaient que leur développement était tardif, or des études ont montré que leur acquisition était progressive et ce, dès la petite enfance jusqu'à l'âge adulte (Baker, 1989; Chinn & Brewer, 1993; Kreutzer et al., 1975; Paris & Byrnes, 1989; Schommer, 1990). Selon Flavell (1979), elles se construisent et se transforment sur la base de l'interprétation des expériences passées. Cependant, de telles interprétations étant nécessairement subjectives, les connaissances métacognitives peuvent s'en trouver erronées. Une fois acquises, elles peuvent être récupérées en mémoire soit de manière intentionnelle et explicite, soit de manière automatique et implicite par des indices contextuels. Ces caractéristiques sont communes aux différents types de connaissances métacognitives, distinguées par l'auteur en fonction de l'objet sur lequel elles portent : les connaissances sur les personnes, sur les tâches, et enfin sur les stratégies.

Les connaissances sur les personnes se réfèrent aux connaissances qu'une personne a de ses propres activités cognitives, de celles des autres mais aussi des universaux de la cognition humaine. Elles incluent donc les croyances sur soi, sur le plan intra-individuel (*e.g.*, savoir que l'on est meilleur en mathématiques qu'en histoire-géographie ; savoir que l'on est plus performant en travaillant à la bibliothèque que chez soi) et sur le plan inter-individuel (*e.g.*, savoir que l'on est plus performant en calcul qu'une autre personne). Elles englobent également des connaissances plus générales sur la cognition et son fonctionnement (*e.g.*, savoir que l'encodage d'une information est meilleure quand celle-ci est manipulée).

Les connaissances sur les tâches correspondent aux connaissances qu'une personne détient sur la manière dont les variantes d'une tâche peuvent impacter les activités cognitives et leur déroulement. Cette catégorie de connaissances se subdivise en deux sous-catégories. La première concerne la nature de l'information disponible pour réaliser une tâche. Par exemple, l'information peut être abondante ou non, familière ou non, organisée correctement

ou non. Dans ce cas, la connaissance métacognitive est de savoir dans quelle mesure ces variations ont un impact sur la manière de gérer cognitivement la tâche et de la réaliser. Il s'agira de savoir que la quantité d'informations mise à disposition dans une question ou un problème présuppose son niveau de difficulté en termes de résolution. La seconde sous-catégorie concerne la nature des contraintes et des objectifs de la tâche. Une connaissance métacognitive serait ici de savoir que l'abondance de stimuli autour de soi lors d'une activité la rend plus complexe (contrainte contextuelle). En termes d'objectifs, cela pourrait se traduire par le fait de comprendre qu'au même niveau d'information, il est plus difficile de rappeler un texte mot à mot que son idée générale.

Les connaissances sur les stratégies renvoient aux connaissances sur les procédures qui permettent de mener à bien une activité cognitive, qu'elle soit de l'ordre de la compréhension, de la mémorisation, de la résolution de problème ou encore de la lecture. Cette catégorie de connaissances concerne la nature des stratégies dont dispose un individu pour réaliser différents types de tâches. Cependant, il ne suffit pas de les connaître, encore faut-il savoir comment les appliquer. Cette catégorie regroupe donc également des connaissances sur la manière de les mettre en œuvre. Enfin, cette catégorie comprend des connaissances relatives à leurs conditions d'application, c'est-à-dire savoir à quel moment et pourquoi il est pertinent de les utiliser. Par exemple, une connaissance sur les stratégies revient à savoir que relire plusieurs fois son cours pour l'apprendre est moins efficace que de le lire puis de tester ses connaissances.

Les catégories décrites ci-dessus ne sont pas si soigneusement imperméables les unes des autres, tout comme les connaissances décrites ne sont pas si indépendantes. Au contraire, elles sont perpétuellement en interaction. L'exemple donné par Flavell et al. (2002) illustre cette réalité :

*Par exemple, vous connaissez la stratégie qui consiste à consacrer plus de temps à l'étude de matériel [...] moins bien appris que de matériel [...] bien appris. Les connaissances sur les personnes, les tâches et les stratégies interagissent pendant la résolution de problèmes. Par exemple, si vous êtes métacognitivement parlant un " novice intelligent ", vous savez que vous n'avez pas les connaissances de base nécessaires dans un domaine sur lequel vous lisez, comme la poésie japonaise du XIIe siècle, mais vous savez comment vous y prendre pour obtenir ces connaissances en vous arrêtant occasionnellement pour faire un résumé ou répéter des points*

*importants. Vous savez que de telles activités ne sont pas nécessaires dans votre domaine d'expertise.*<sup>29</sup> (Flavell et al., 2002, p. 165 - notre traduction)

Après avoir décrit la première composante de la métacognition, nous allons maintenant nous intéresser à la seconde, que constituent les expériences métacognitives, et ainsi comprendre leurs natures et leurs rôles.

### 2.1.2. Les expériences métacognitives

Les expériences métacognitives ont été mentionnées par Flavell (1979) comme étant « *toutes les expériences cognitives ou affectives conscientes qui accompagnent et se rapportent à toute entreprise intellectuelle* »<sup>30</sup> (Flavell, 1979, p. 906 - notre traduction). Elles peuvent être plus ou moins longues dans le temps et plus ou moins complexes. Toujours en lien avec l'activité cognitive en cours, elles peuvent se manifester avant, pendant, ou après son exécution. Elles se rapportent généralement aux progrès réalisés ou susceptibles d'être réalisés. Il peut s'agir d'un sentiment d'échec momentané face à la tâche à venir, comme d'un sentiment marqué qui concerne une tâche réalisée précédemment. Toutefois, ces expériences métacognitives ne concernent pas n'importe quelles situations. Elles sont déclenchées dans des situations qui requièrent une réflexion intense et consciente, notamment dans les situations nouvelles. Dans ce cas, la progression se fait étape par étape où chacune nécessite une planification préalable et une évaluation ultérieure. Lorsque la réalisation de la tâche s'appuie sur une expérience passée similaire, alors les expériences métacognitives s'apparentent à des connaissances métacognitives devenues conscientes.

Depuis la description de Flavell (1979), c'est à Efklides que l'on doit des précisions quant à leur nature dans les activités cognitives (Efklides, 2001, 2006, 2008). De la même façon que son prédécesseur, elle définit les expériences métacognitives comme étant tout ce dont une personne est consciente et ce qu'elle ressent lors d'une activité cognitive (Efklides, 2008). Elles correspondent au fait d'avoir conscience des caractéristiques de la tâche, de la fluidité du traitement, des efforts déployés, des progrès réalisés en fonction du but ou encore du

---

<sup>29</sup> « *For instance you know the strategy of spending more time studying important or less well-learned material than less important or better learned material. Knowledge about persons, tasks, and strategies interact during problem solving. For example, if you are a metacognitively "intelligent novice", you know you do not have the background knowledge needed in some domain about which you are reading, such as twelfth-century Japanese poetry, but you know how to go about getting that knowledge by stopping occasionally to summarize or to rehearse important points. You know that such activities are not necessary in your area of expertise* » (Flavell et al., 2002, p. 165).

<sup>30</sup> « *Metacognitive experiences are any conscious cognitive or affective experiences that accompany and pertain to any intellectual enterprise* » (Flavell, 1979, p. 906).

résultat obtenu. Elles ont la particularité, contrairement aux connaissances et aux compétences métacognitives, d'être présentes en mémoire de travail et de pouvoir être chargées affectivement (Efklides, 2006; Lories et al., 1998). Selon Efklides (2006), ces expériences peuvent ainsi revêtir la forme de sentiments métacognitifs, de jugements métacognitifs, ou de connaissances *online* spécifiques à la tâche.

Les sentiments et les jugements métacognitifs associés sont axés sur la réponse affective de l'individu face au traitement cognitif en cours. Ils sont le fruit de processus inférentiels non-analytiques et implicites (Koriat, 2000; Koriat & Levy-Sadot, 2000; Yzerbyt et al., 1998). Ils surviennent lorsque la situation ne peut être analysée, que ce soit en raison d'une contrainte de temps ou de l'inaccessibilité des informations en mémoire par exemple. *A contrario*, d'autres jugements métacognitifs et les connaissances *online* spécifiques à la tâche se centrent sur les caractéristiques de la tâche et du traitement. Ils sont issus de processus plus analytiques et notamment ceux qui font référence à la tâche et aux actions à déployer (Efklides, 2001). Quelle que soit leur nature, les expériences métacognitives présentent une caractéristique particulière, celle d'être à l'interface entre la personne et la tâche.

Les sentiments métacognitifs viennent informer l'individu sur une caractéristique du traitement cognitif en cours, et ce au regard des expériences précédentes. Ils sont présents en mémoire de travail durant la tâche et peuvent être plaisants ou déplaisants, guidant ainsi l'action à venir. Efklides (2006) distingue au moins cinq sentiments métacognitifs différents : le sentiment de familiarité, le sentiment de difficulté, le sentiment de savoir, le sentiment de confiance, et le sentiment de satisfaction.

Les jugements métacognitifs concernent en partie les sentiments métacognitifs. Ils portent directement sur ces sentiments métacognitifs ou, indirectement, sur leur source. De cette manière, Efklides (2006) différencie les jugements d'apprentissage des jugements sur la source de l'information en mémoire. Parmi les jugements d'apprentissage, le jugement de confiance et le jugement de l'exactitude de la réponse sont particulièrement étudiés. Le premier est une prédiction de la performance à venir (Koriat et al., 2006), alors que le second est rétrospectif et se réfère à la performance passée (Siedlecka et al., 2016). Les jugements métacognitifs peuvent également concerner les besoins de la tâche et correspondent à l'estimation du temps et l'estimation de l'effort nécessaires pour réaliser la tâche.

Les connaissances *online* spécifiques à la tâche correspondent aux connaissances conscientes qu'un individu mobilise vis-à-vis de la tâche et des actions (stratégies) à déployer pour réaliser le traitement cognitif. Selon Efklides (2006), c'est parce que ces connaissances ont un caractère conscient durant la tâche comparativement aux autres connaissances métacognitives, qu'elles font partie des expériences métacognitives. Les connaissances *online* spécifiques à la tâche semblent être un des éléments qui différencient les individus experts de ceux qui sont novices (Chi et al., 1989; Reif, 2008; Sabella & Redish, 2007). Les experts seraient en capacité de repérer et de déclencher les connaissances critiques et pertinentes relatives à la tâche et/ou au traitement pour résoudre un problème alors que les novices activeraient des connaissances superficielles et non pertinentes.

Pour conclure, les expériences métacognitives alliées aux connaissances métacognitives constituent la base des compétences métacognitives. Elles contribuent continuellement à leur développement et à leur activation (Efklides, 2008; Flavell, 1979; Schraw & Moshman, 1995; Veenman, 2011). En effet, elles aident à la planification, à l'évaluation, à la révision, voire à l'abandon d'un objectif, d'une stratégie, ou de la tâche elle-même. Ces compétences métacognitives, troisième composante de la métacognition à laquelle nous allons nous intéresser maintenant, sont essentielles à un individu pour être métacognitivement efficace.

### 2.1.3. Les compétences métacognitives

Les compétences métacognitives correspondent aux différents processus qu'un individu met délibérément en œuvre en fonction d'un but pour contrôler ses activités cognitives lors d'une tâche (Flavell et al., 2002). Flavell et al. (1981) en ont distingué deux, que sont la vérification et la régulation des activités cognitives, sans en fournir une définition précise. Veenman et Elshout (1999) ont repris et alimenté la perspective originale de Flavell en proposant une typologie qui fait état de cinq compétences métacognitives que sont l'orientation, la planification, la vérification, la régulation et l'évaluation des activités cognitives<sup>31</sup>. Les travaux de Veenman et de ses collaborateurs nous offrent une définition de chacune de ces compétences métacognitives (Veenman, 2011; Veenman et al., 1997, 2004; Veenman & Beishuizen, 2004; Veenman & Elshout, 1999).

Les compétences d'orientation correspondent aux moyens de guidage de l'action. Elles renvoient aux actions mises en œuvre pour analyser la tâche et dégager l'objectif à atteindre

---

<sup>31</sup> Cette typologie sera reconnue par Flavell dans son ouvrage de 2002, mais sans que celle-ci ne fasse l'objet de précisions supplémentaires.

(Veenman & Beishuizen, 2004). Il s'agit alors pour un individu d'avoir une vision générale de la tâche, d'activer les connaissances préalables nécessaires à sa compréhension et/ou sa résolution, et de déterminer les attentes de ladite tâche. Les compétences de planification servent à organiser notre action. Elles impliquent la sélection et le séquençage des stratégies cognitives appropriées et la gestion des ressources cognitives nécessaires en fonction des objectifs définis pour résoudre la tâche (Pintrich, 2000; Schraw & Moshman, 1995). Ces deux premières compétences métacognitives interviennent de manière plus ou moins consécutive. En revanche, les compétences de vérification et de régulation sont effectives tout au long de la tâche pour guider et contrôler l'exécution de la tâche (Veenman, 2011). Les compétences de vérification représentent les actions de surveillance consciente et active de l'activité cognitive en cours (Efklides, 2008; Pintrich, 2000; Schraw & Moshman, 1995). Elles veillent au bon déroulement des actions planifiées, et s'attachent à détecter les éventuelles erreurs d'exécution ou écarts entre l'action en cours et le but poursuivi (Flavell et al., 2002, p. 20; Schraw & Moshman, 1995; Veenman, 2011). Dans de telles situations, les compétences de régulation interviennent pour corriger et adapter le traitement cognitif initial (T. O. Nelson & Narens, 1994; Pintrich, 2000; Schraw & Dennison, 1994). Il peut être question de modifier le plan d'actions à réaliser, le but à atteindre ou l'allocation des ressources cognitives, voire même d'arrêter l'activité cognitive. Une fois la tâche réalisée, une dernière étape peut être observée, celle de l'évaluation. Cela consiste en l'appréciation du résultat obtenu en fonction du but poursuivi et des traitements cognitifs mis en œuvre, en vue de conclure sur le processus global pour de futures occasions (Veenman, 2011; Veenman et al., 1997).

Bien que les compétences métacognitives puissent être déclenchées explicitement par un individu, elles peuvent également être mises en œuvre de façon plus implicite par les expériences métacognitives qui détectent un conflit, une incohérence ou un inconfort, ou bien suite à la mobilisation de connaissances métacognitives. Ainsi, les trois composantes de la métacognition, les connaissances, les expériences, et les compétences métacognitives, ne sont pas à considérer comme indépendantes, mais en étroites interactions les unes avec les autres. Nous allons maintenant essayer de comprendre comment ces trois composantes se déclenchent, s'organisent et interagissent entre elles. Nous verrons que le fonctionnement de la métacognition s'articule autour des fonctions de *monitoring* et de contrôle de la cognition, décrites par Nelson et Narens (1990). Le modèle récent et intégratif d'Efklides

(2008) sera ensuite mis en lumière dans la mesure où il précise la fonction spécifique de chaque composante métacognitive.

### 2.2. Le fonctionnement de la métacognition

Nelson et Narens se sont intéressés au concept de métacognition dans le champ de la mémoire et en ont proposé un modèle fonctionnel (T. O. Nelson, 1996; T. O. Nelson & Narens, 1990, 1994). La métacognition étant un modèle de la cognition, il est, selon les auteurs, régit par deux principes de base. Le premier est que les processus cognitifs sont divisés en plusieurs niveaux inter-reliés, ici, le niveau « objet » et niveau « méta » (Figure 6). Le niveau « objet » correspond à la cognition alors que le niveau « méta » correspond à une représentation de la cognition. Le second principe concerne les relations qui existent entre ces deux niveaux en termes de flux d'informations. Le niveau « objet » informe le niveau « méta » de son état ou de l'évolution de son état, par sa fonction de *monitoring* (i.e., détection de conflit ou d'erreur). En retour, le niveau « méta » a une fonction de contrôle sur le niveau « objet » qui lui permet de modifier son état si cela est nécessaire. Les auteurs ajoutent que les relations entre les deux niveaux sont systématiques, en ce sens que si les processus de *monitoring* sont activés alors les processus de contrôle sont nécessairement déclenchés (T. O. Nelson & Narens, 1994).

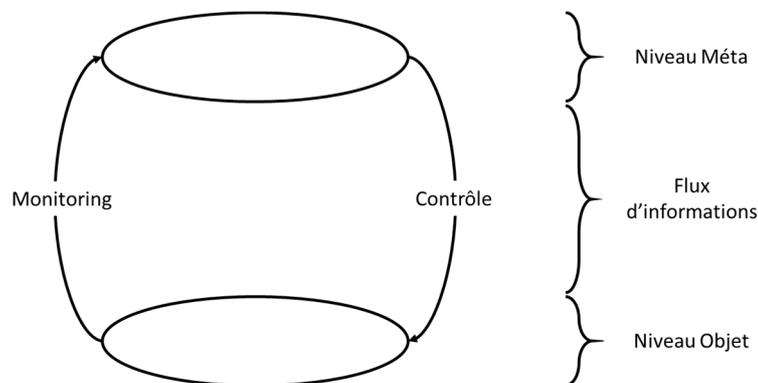


Figure 6 : Modèle de Nelson et Narens (1994)

Le modèle proposé par Efklides (2008) reprend et complète celui de Nelson et Narens (1994). Par souci de clarté, nous présenterons les évolutions du modèle, proposés par Efklides, en trois temps, qui seront indiqués en orange dans les figures associées. Tout d'abord, ce modèle permet d'aller plus loin en intégrant et en alliant les fonctions de la métacognition, que sont le *monitoring* et le contrôle, aux différentes composantes proposées par Flavell et ses collaborateurs (2002). Ce modèle considère que les fonctions de monitoring

reposerait sur les connaissances et les expériences métacognitives. Les fonctions de contrôle, quant à elles, seraient assurées par les compétences métacognitives.

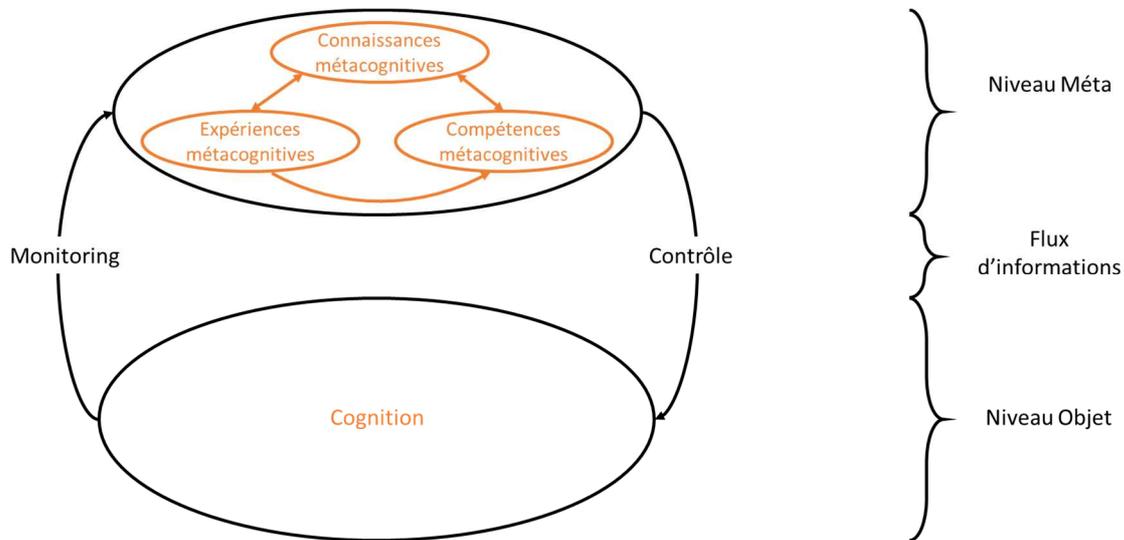


Figure 7 : Extrait du modèle d'Efklides intégrant les fonctions de la métacognition aux différentes composantes de la métacognition (les évolutions du modèle sont indiqués en orange ; adapté d' Efklides, 2008)

Efklides (2006, 2008) envisage des fonctions de monitoring *offline* et *online* de la cognition (Tableau 4). Le *monitoring offline* repose sur les connaissances métacognitives qui constituent une base d'informations, stockées en mémoire à long terme, pour guider les expériences et les compétences métacognitives en vue de réguler consciemment la cognition. Ces connaissances se forment, s'accumulent, et sont mises à jour par l'intégration d'informations issues des expériences et/ou des compétences métacognitives. Elles peuvent, par exemple, provenir de l'interprétation des résultats obtenus par un individu ou par les autres en fonction de l'action déployée, de la prise de conscience de ses propres expériences métacognitives, ou encore de l'interaction avec les autres. Une part de ces connaissances sont conscientes et spécifiques à la tâche, et sont mobilisées par les expériences et les compétences métacognitives au cours du traitement. Ces connaissances font ainsi partie momentanément des expériences métacognitives selon Efklides (2006, 2008), qui les qualifie de connaissances *online* spécifiques à la tâche.

Tableau 4 : Les fonctions de la métacognition, leurs composantes, et leurs manifestations (adapté d' Efklides, 2006)

Fonctions de Monitoring		Fonctions de Contrôle
Offline	Online	
Connaissances métacognitives	Expériences métacognitives	Compétences métacognitives
<p>Idées, croyances, « théories » à propos de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Soi</li> <li>- La tâche</li> <li>- Les stratégies</li> <li>- Les buts</li> <li>- Les fonctions cognitives (mémoire, attention, etc...)</li> <li>- La validité des connaissances</li> <li>- La théorie de l'esprit</li> </ul>	<p>Sentiments :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- De familiarité</li> <li>- De difficulté</li> <li>- De savoir</li> <li>- De confiance</li> <li>- De satisfaction</li> </ul> <p>Jugements / Estimations :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jugements d'apprentissage</li> <li>- Source mnésique de l'information</li> <li>- Estimation des efforts</li> <li>- Estimation du temps</li> </ul> <p>Connaissances <i>online</i> spécifiques à la tâche :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aspect de la tâche</li> <li>- Procédure employée</li> </ul>	<p>Activités conscientes et délibérées, et utilisation de stratégies pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Allouer des efforts</li> <li>- Allouer du temps</li> <li>- Orientation en fonction des exigences de la tâche</li> <li>- Planification</li> <li>- Vérification et régulation des traitements cognitifs</li> <li>- Évaluation des résultats</li> </ul>

Le *monitoring online* de la cognition est assuré par les expériences métacognitives dans la mesure où elles s'expriment directement lors d'une activité cognitive au travers des sentiments, des jugements métacognitifs, ou des connaissances *online* spécifiques à la tâche. Les sentiments et les jugements métacognitifs sont issus le plus souvent de processus non-analytiques et non-conscients alors que les connaissances *online* spécifiques à la tâche sont le produit de processus conscients et analytiques (Efklides, 2001; Koriat, 2000; Koriat & Levy-Sadot, 2000; Yzerbyt et al., 1998). Quoi qu'il en soit, lorsqu'elles accèdent à la conscience de manière explicite ou non, elles fournissent un *feed-back* interne à l'individu sur le déroulement de l'activité cognitive. Cette source d'informations permet à l'individu de déclencher des processus de contrôle si cela est nécessaire.

Les processus de *monitoring* peuvent être soumis à des illusions cognitives, qui sont semblables aux illusions perceptives à la différence qu'elles sont tournées vers un stimulus interne. Efklides (2006) évoque notamment l'illusion du sentiment de difficulté, sentiment basé sur la fluidité du traitement (Efklides, 2002). Cette illusion correspond au fait de ressentir comme étant facile ou difficile une tâche qui est respectivement, objectivement difficile ou facile. Elle est problématique notamment lorsque la tâche semble familière à

l'individu, lui donnant l'impression d'une bonne fluidité de traitement. De cette manière, le *monitoring* peut présenter une vision distordue de la réalité.

Les fonctions de contrôle de la cognition sont endossées par les compétences métacognitives qu'Efklides (2006, 2008) définit en reprenant les cinq compétences proposées par Veenman et Elshout (1999), que sont l'orientation, la planification, la vérification, la régulation et l'évaluation des activités cognitives. Ces processus de contrôle sont nécessairement activés par les processus de *monitoring* qui détectent un conflit cognitif ou une erreur. Plus précisément, ce sont les expériences métacognitives qui déclenchent les compétences métacognitives, directement ou indirectement par le biais des connaissances métacognitives (Efklides, 2001; Efklides et al., 1999). Une fois déroulées, les compétences métacognitives viennent enrichir et mettre à jour les connaissances métacognitives.

Les processus de contrôle ne sont efficaces que si la représentation de la cognition sur laquelle ils reposent, est réaliste (2008). Ainsi, si le *monitoring* présente une vision distordue de la réalité alors il induit en erreur les processus de contrôle qui, en conséquence, ne déclenchent aucune action ou bien des actions inadéquates. La proposition d'Efklides permet ainsi de comprendre comment des élèves qui donnent une mauvaise réponse ne se corrigent pas. S'ils se sentent confiants, alors ils ne déclenchent pas de processus de contrôle. Selon Efklides, « *c'est particulièrement vrai pour les individus qui ne sont pas conscients de leur ignorance* » (2008, p. 280). Par ailleurs, le *monitoring* peut alerter de manière correcte le niveau « méta » d'une difficulté, sans que les processus de contrôle ne soient déclenchés (2008). En effet, l'individu peut attribuer ce sentiment de difficulté à un manque de compétences métacognitives de sa part pour résoudre le problème. Les expériences métacognitives (jugement de la source mnésique de l'information + connaissances *online*) permettent alors une auto-évaluation consciente des compétences dont un individu dispose sur le plan cognitif. Dans ce cas, aucune issue ne semble possible et la tâche est souvent abandonnée. Les processus de contrôle ne sont donc pas déclenchés systématiquement.

Le modèle intégratif d'Efklides (2008) présente la particularité d'envisager l'existence d'un troisième niveau métacognitif, le niveau « social » (indiqué en orange dans la Figure 8), ce qui le rend d'autant plus pertinent pour l'étude de la métacognition en contexte scolaire. Il se constitue des mêmes composantes que le niveau « méta ». À ce niveau, la connaissance et la régulation de la cognition se pratiquent sur un mode collaboratif. Les individus du groupe analysent et comparent ensemble leurs états mentaux avec ceux des autres pour effectuer, en retour, un contrôle sur leur métacognition (le niveau « objet » pour le niveau « social » étant le niveau « méta »). Ce niveau doit être pris en compte pour comprendre l'importance du rôle des adultes entourant l'enfant (comme l'enseignant) ou de ses pairs dans la régulation de sa cognition.

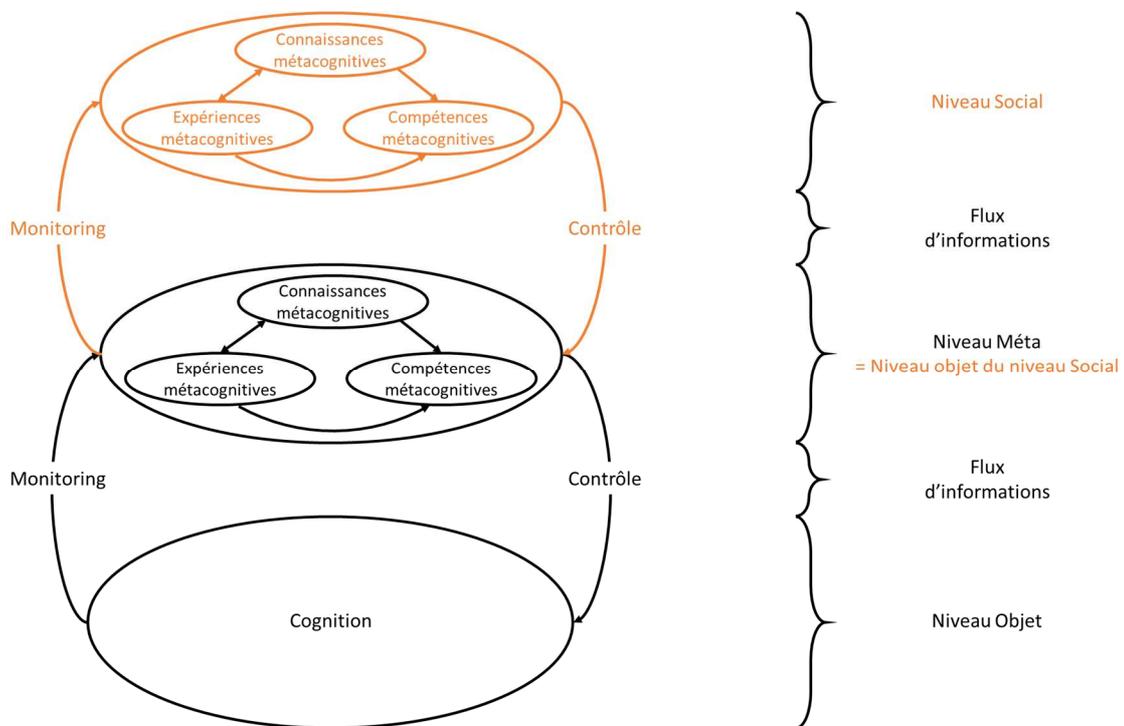


Figure 8 : Extrait du modèle d'Efklides présentant le niveau "social" par rapport au niveau "méta" (les évolutions du modèle sont indiqués en orange ; adapté d' Efklides, 2008)

Enfin, le modèle d'Efklides (2008) ne restreint pas la métacognition à la seule régulation de la cognition mais l'étend à celle des émotions (Figure 9). Ce modèle postule que le niveau « objet » comprend des processus impliqués dans des traitements cognitifs et dans des traitements affectifs. Ce niveau, qui fonctionne à un niveau non-conscient, se composerait de deux systèmes basiques de régulation, l'un cognitif, l'autre émotionnel. Les résultats de ces deux systèmes distincts, et de leur interaction, accèderaient ensuite au niveau « méta », conscient. En intégrant les différentes informations parvenues au niveau « méta », l'individu

disposerait alors d'une représentation à la fois cognitive et affective de la situation. L'association des informations issues des deux versants serait permise par le versant affectif du *monitoring*, selon Efklides (2008), au travers des sentiments métacognitifs. La métacognition serait ainsi impactée par les traitements cognitifs et par les traitements émotionnels. En retour, dans le cas où les processus de contrôle se trouveraient activés, la métacognition contrôlerait la cognition en influençant chacun des deux systèmes basiques de régulation<sup>32</sup>. Plus précisément, les expériences métacognitives contribueraient à ce contrôle en activant les compétences métacognitives, c'est-à-dire en utilisant directement le système de régulation cognitif et les sentiments métacognitifs y contribueraient indirectement en activant le système de régulation émotionnel et son interaction avec le système de régulation cognitif. L'intérêt de ce modèle réside dans l'intégration et l'explication des relations entre cognition et émotion, si prégnantes dans les apprentissages scolaires.

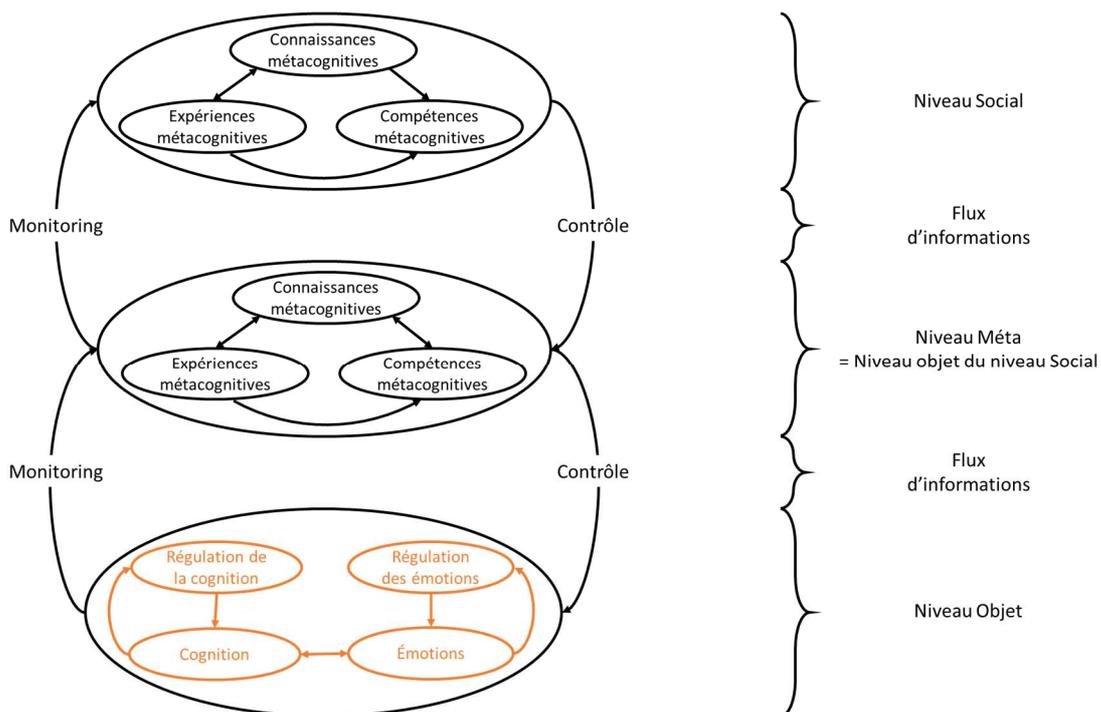


Figure 9 : Modèle multi-facette et multi-niveaux de la métacognition (les évolutions du modèle sont indiqués en orange ; adapté d' Efklides, 2008)

<sup>32</sup> Les deux systèmes de régulation mentionnés par Efklides peuvent être rapprochés des concepts de contrôle exécutif pour ce qui est de la régulation de la cognition, et de régulation émotionnelle pour ce qui est de la régulation des émotions.

En conclusion, un certain fonctionnement métacognitif est nécessaire pour être métacognitivement efficace. Il faut disposer de connaissances métacognitives bien calibrées et avoir la possibilité de vivre des expériences métacognitives pour que le *monitoring* soit opérant. Toutefois, cela ne suffit pas. Encore faut-il disposer de compétences métacognitives efficaces pour que le contrôle de la cognition, cognitive comme affective, soit efficace. Ce processus d'ordre individuel en apparence a son versant « collectif ». En effet, l'individu est en constante interaction avec son environnement qui participe en retour à la régulation de la cognition à un niveau individuel. Ainsi, la compréhension globale du fonctionnement de la métacognition permise par le modèle intégratif d'Efklides, nous permet d'identifier progressivement les éléments qu'une approche pédagogique, visant à développer la métacognition des élèves dans un objectif de réussite scolaire, devrait cibler. Elle devrait soutenir le développement de chaque composante de la métacognition à un niveau individuel mais également se saisir des opportunités offertes par l'environnement scolaire que représentent les pairs et les professeurs. Toutefois, la métacognition présente des caractéristiques spécifiques qu'il nous faut encore éclaircir. Nous aborderons tout d'abord la question du caractère explicite ou implicite de la métacognition, puis de son caractère général ou spécifique au domaine.

### 2.3. Les caractéristiques de la métacognition

#### 2.3.1. Caractère explicite versus implicite

Un débat subsiste encore aujourd'hui, à savoir est-ce que la métacognition relève de processus explicites/conscients et/ou implicites/inconscients. Un premier éclaircissement semble nécessaire quant aux composantes de la métacognition, et notamment en ce qui concerne les expériences métacognitives. En effet, si les sentiments ou certains jugements métacognitifs sont le produit de processus inconscients, il n'en reste pas moins que leur traitement relève de processus conscients (Koriat & Levy-Sadot, 2000) tout comme les connaissances *online* spécifiques à la tâche (Efklides, 2008).

Certains soutiennent que pour être qualifiés de métacognitifs, les processus cognitifs en jeu doivent nécessairement être explicites (Flavell, 1979; T. O. Nelson & Narens, 1994). À l'inverse, d'autres suggèrent que la métacognition repose essentiellement sur des processus implicites (Reder & Schunn, 1996; Spehn & Reder, 2000). C'est évident dans le cas où l'individu qui ressent un bref sentiment de savoir, déclenche des processus de contrôle sans en avoir réellement conscience. Toutefois, ces deux positions relativement catégoriques du

fonctionnement de la métacognition ne sont pas tenables. Une troisième position les modère. La métacognition se composerait de processus explicites et implicites. Brown (1987) prend l'exemple de l'apprentissage de la lecture qui s'automatise avec le temps. Cette automatisation n'empêche pourtant pas l'individu de revenir à une activité contrôlée pour comprendre le sens du texte, lorsqu'une incompréhension est détectée. Selon Efklides (2008), ce type de traitement métacognitif, qualifié de *bottom-up*<sup>33</sup>, peut être explicite ou implicite. Les processus implicites interviennent en premier lieu pour corriger l'erreur, et les processus explicites en second si les premiers ne sont pas suffisants. De la même manière, les traitements métacognitifs *top-down*<sup>34</sup> peuvent être explicites comme implicites. Les processus de contrôle peuvent être déclenchés implicitement lorsqu'ils sont automatisés. Cependant, lorsque les caractéristiques de la tâche ou un *feed-back* extérieur l'impose, alors les processus de contrôle sont déclenchés de manière explicite.

La position d'Efklides reste toutefois dichotomique. D'autres auteurs proposent d'envisager les choses de manière plus graduée et nuancée (Allal & Saada-Roberts, 1992; Doly, 2006; Karmiloff-Smith, 1985; Perkins, 1992; Pouget et al., 2016). Ainsi, Allal (1992) propose quatre degrés d'explicitation des régulations métacognitives en prenant appui sur les travaux de Karmiloff-Smith (1985) quant au développement de la métacognition. Elles vont du simple ressenti à une utilisation explicite et réflexive (Figure 10). Ainsi, Allal distingue (1) les régulations implicites, non accessibles lorsqu'elles existent (2) les régulations explicitables, accessibles pour le sujet lorsqu'il est questionné, (3) les régulations explicitées, accessibles par le sujet de manière plus spontanée, et (4) les régulations instrumentées, qui sont pleinement accessibles, délibérément utilisées et questionnées en vue d'être perfectionnées. Finalement, les processus métacognitifs semblent plutôt s'inscrire sur un continuum, sur lequel l'individu évolue par étape, en vue de parvenir à une régulation de type instrumenté. Une fois ce type de régulation acquis, un dernier temps peut être appréhendé, celui de l'automatisation (Karmiloff-Smith, 1985). L'individu a internalisé la procédure de régulation, ce qui lui permet de réguler son activité cognitive de manière moins explicite et donc moins coûteuse. Toutefois, cette possibilité n'empêche pas l'expert de

---

<sup>33</sup> Les processus *bottom-up* sont des processus qui vont du bas vers le haut. C'est le cas lorsque le niveau « objet » signale au niveau « méta » qu'il y a une erreur.

<sup>34</sup> Inversement, les processus *top-down* sont des processus qui vont du haut vers le bas, autrement dit, quand le niveau « méta » agit sur le niveau « objet ».

revenir à un processus explicite en cas de besoin (Doly, 2006), comme l'illustre l'exemple de Brown cité ci-dessus (1987).

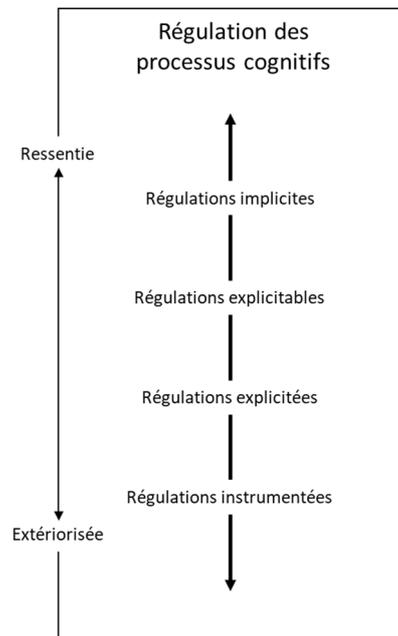


Figure 10 : Degrés d'explicitation des régulations (Allal, 1992)

Enfin, ce qui est important n'est pas tant le caractère explicite ou implicite des processus déployés mais plutôt leur caractère correct (bien qu'une métacognition implicite soit plus sujette à être erronée, puisque plus difficilement évaluable et transformable par l'individu ; Chi et al., 1989; Reif, 2008; Sabella & Redish, 2007). Aussi, si un individu présente des capacités métacognitives, explicites ou implicites, qui sont correctes, alors il y a fort à parier qu'elles soient efficaces et lui permettent de progresser. Étant déjà efficaces, ces individus n'ont pas besoin d'être aidés. *A contrario*, si les capacités métacognitives d'un individu se trouvent être erronées voire absentes, alors il sera en difficulté pour progresser et réussir. Ce sont ces individus qui ont besoin d'être accompagnés dans le développement ou la transformation de leurs capacités métacognitives.

Une remarque est ici nécessaire, explicite ne signifie pas verbalisable (Karmiloff-Smith, 1992). En effet, « *traditionnellement, la conscience est attestée par la capacité du sujet à expliciter verbalement les déterminants de ses propres comportements (...), il est clair que la non explicitation ne suppose pas obligatoirement la non-conscience* » (Gombert, 1990, p. 23). Les experts rencontrent parfois des difficultés à expliquer ce qu'ils font et comment ils le font, probablement parce que les procédures métacognitives qu'ils emploient sont automatisées. Il est également possible que ces procédures soient efficaces avant même

d'être conceptualisées et donc verbalisables (Whitebread et al., 2009). Néanmoins, pour accompagner le développement des capacités de métacognition ou les modifier, l'explicitation par la verbalisation semble de mise (Aghaie & Zhang, 2012; Darling-Hammond et al., 2019; Doly, 2006; Gauthier et al., 2013; Gersten et al., 2009; Paris & Winograd, 1990a; Zohar & Peled, 2008).

### 2.3.2. Caractère général *versus* spécifique

La seconde caractéristique de la métacognition qui nous intéresse dans ce travail concerne son caractère général ou spécifique au domaine. Le postulat initial était que la métacognition, de par sa définition, correspondait à une capacité générale, globale, transversale qui s'appliquait à tous les domaines (Brown, 1987; Pressley et al., 1987). Glaser, Schauble, Raghavan, et Zeitz (1992) ont été les premiers à questionner ce postulat. Ils ont investigué le caractère général ou spécifique des compétences métacognitives de jeunes adultes novices au cours d'un apprentissage. Les participants ont été confrontés à trois situations d'apprentissages différentes : la première appartenait au domaine de l'économie (microéconomie), la seconde au domaine de l'électronique (circuits électroniques), et la dernière au domaine de la physique (réfraction de la lumière). L'analyse des compétences métacognitives de chaque participant comprenait différents indicateurs, tels que le nombre d'essais effectués, le pourcentage de comportements contrôlés effectués, le pourcentage de notes prises au cours de l'activité. Les résultats ont alors montré que les compétences métacognitives des participants différaient selon la situation d'apprentissage. Elles dépendaient de la nature de la tâche plus que d'une capacité générale propre aux participants. Les auteurs ont donc conclu que la métacognition relève d'une capacité spécifique au domaine dans lequel elle se manifeste, plutôt que d'une capacité générale. Or, ces résultats ne constituaient pas un argument allant à l'encontre de l'existence d'une capacité générale selon Veenman et al. (1997). Il est évident que des situations d'apprentissages requièrent des compétences spécifiques mais pour autant, ces dernières peuvent avoir des caractéristiques communes (Sternberg, 1990; Veenman et al., 1997).

Veenman et al. (1997) ont reproduit l'expérience de Glaser et al. (1992) afin de déterminer l'existence d'une variance commune à ces compétences selon les situations. Ils ont interrogé les compétences métacognitives de jeunes adultes dans le cadre d'un apprentissage. Trois situations d'apprentissage leur étaient également proposées (calorimétrie, statistiques, et explosivité des matériaux). Les compétences métacognitives ont été évaluées sur la base des

manifestations des cinq compétences identifiées que sont l'orientation, la planification, la vérification, la régulation, et l'évaluation. Les résultats ont montré que les compétences métacognitives observées dans les différentes situations partagent une part de variance non négligeable entre elles. Ainsi, les auteurs en ont conclu que la métacognition représente une capacité générale propre aux individus et non spécifique aux différents domaines des apprentissages.

Dès lors, le débat autour du caractère général ou spécifique de la métacognition s'est ouvert. De nombreuses études s'en sont suivies, présentant des résultats relativement équivoques à ce sujet (Carpenter et al., 2019; Fitzgerald et al., 2017; Fleming et al., 2014; Geurten et al., 2018; Kelemen et al., 2000; Lyons & Ghetti, 2010; Schraw et al., 1995; Schraw & Nietfeld, 1998; Scott & Berman, 2013; Song et al., 2011; Veenman et al., 2004; Veenman & Beishuizen, 2004; Veenman & Spaans, 2005; Veenman & Verheij, 2003; Vo et al., 2014). Néanmoins, les résultats de plusieurs études récentes semblent enfin permettre de réconcilier les différents points de vue. La réponse à ce débat est à penser en termes de développement. En effet, la métacognition semble spécifique au domaine chez les jeunes enfants pour devenir progressivement générale et applicable à tous les domaines au fur et à mesure du développement (Geurten et al., 2018; Lyons & Ghetti, 2010; Schraw & Nietfeld, 1998; van der Stel & Veenman, 2010, 2014; Veenman & Spaans, 2005; Veenman & Verheij, 2003; Vo et al., 2014).

Vo et al. (2014) ont montré que les mesures des capacités de *monitoring* d'enfants de 5 et 8 ans dans le domaine des mathématiques ne sont pas reliées aux mesures de leurs capacités de *monitoring* dans le domaine des émotions. Veenman et Spaans (2005) ont, quant à eux, montré que les compétences métacognitives ne sont pas liées au travers de différents domaines (mathématiques et biologie) à l'âge de 12 ans alors qu'elles le sont à 15 ans. L'étude de Geurten et al. (2018) affine ces résultats en étudiant les capacités de *monitoring* d'enfants de 8-9 ans, de 10-11 ans, et de 12-13 ans dans des tâches de mathématiques et de mémoire. Les résultats ont montré que les capacités de *monitoring* en fonction des domaines ne sont pas liées chez les enfants de 8-9 ans alors qu'elles le sont moyennement chez les 10-11 ans et fortement chez les 12-13 ans. Les auteurs concluent à un passage progressif d'une métacognition restreinte aux domaines à une métacognition générale entre 10 et 13 ans. Une fois cet âge « pivot » passé, les individus présentent des capacités métacognitives générales (Veenman, 2011). Comme le montre l'étude de Veenman et Verheij (2003), les compétences métacognitives d'adultes âgés entre 18 et 24 ans dans deux tâches différentes (statistiques et

explosivité des matériaux) s'articulent autour d'une seule et même composante. Ces résultats laissent à penser que la métacognition est alors une capacité générale, plus que spécifique, que les individus peuvent déployer au travers différents domaines.

En définitive, les enfants semblent d'abord développer et accumuler des capacités métacognitives dans divers domaines et ce de manière spécifique. Vers 10-12 ans, un changement semble débiter. Les enfants parviendraient alors à mettre en relation leurs différentes capacités métacognitives acquises dans les différents domaines et à en extraire des propriétés plus générales. Enfin, les individus après 13-15 ans présenteraient une métacognition plus générale qu'ils pourraient appliquer aux différents domaines selon les besoins, tout en disposant de capacités spécifiques aux domaines mobilisables lorsque la tâche le requiert. Cette trajectoire développementale concorde avec les études réalisées en neuro-imagerie chez l'adulte qui montrent que différentes mesures inter-domaines de la métacognition sont reliées aux mêmes substrats cérébraux, mais sont aussi supportées par des réseaux corticaux distincts (Allen et al., 2017; Baird et al., 2013; Faivre et al., 2018; Fleming et al., 2014; McCurdy et al., 2013; Morales et al., 2018). Cette transition vers une métacognition générale a toute son importance, notamment à l'école, puisqu'elle influence la manière d'enseigner la métacognition et les effets qui en découlent.

Nous avons vu que la métacognition présente des caractéristiques spécifiques. La question de son caractère implicite ou explicite nous a amené à comprendre que le plus important est qu'elle soit fiable. Le cas échéant, l'explicitation par la verbalisation est à privilégier pour modifier et, par extension, pour développer la métacognition d'un élève. Puis, la question de son caractère général ou spécifique au domaine nous a amené à comprendre que la métacognition mue au fur et à mesure du développement. Elle est spécifique dans un premier temps, pour devenir progressivement générale avec l'âge. Ce dernier point, nous amène à nous intéresser au développement de la métacognition et plus particulièrement de ses composantes en fonction de l'âge.

#### *2.4. Le développement de la métacognition*

Flavell (1979) pensait que la métacognition se développait tardivement, aux alentours de 8-9 ans. Or, plusieurs auteurs ont montré que les enfants présentent des connaissances et des compétences métacognitives élémentaires dès l'âge de 2-3 ans qui se développent de manière fulgurante avec l'entrée à l'école jusqu'à l'âge de 10-12 ans (Bryce et al., 2015b; Coughlin et al., 2014; Destan et al., 2014; Destan & Roebbers, 2015; Geurten & Bastin, 2019;

Lyons & Ghetti, 2010, 2011, 2013; Paulus et al., 2013; Roebbers, 2017; Roebbers, Kälin, et al., 2019; Whitebread et al., 2005, 2007, 2009). Ainsi, les capacités en théorie de l'esprit représentent les premières manifestations des connaissances métacognitives dont disposent les enfants (Bartsch & Estes, 1996; Flavell, 2004; Kuhn, 1999; Larkin, 2006; Lockl & Schneider, 2006, 2007; Schneider, 2008). Lockl et Schneider (2006) ont suivi 174 enfants de 4 ans pendant deux ans, et ont montré que la théorie de l'esprit des enfants à 4 ans est un précurseur de leurs connaissances métacognitives un an plus tard. Dès lors, les enfants semblent développer rapidement des connaissances factuelles sur les personnes, les tâches, et les stratégies lorsqu'ils entrent à l'école (Schneider & Pressley, 1997). Le développement des connaissances sur la manière dont les enfants doivent utiliser les caractéristiques de la tâche ou des stratégies est plus progressif et semble abouti aux alentours de 10-12 ans (Schneider, 2008; Schneider & Lockl, 2002). En effet, ces dernières étant le fruit d'expériences répétées, leur développement requiert nécessairement du temps. Pour autant, le répertoire des connaissances métacognitives n'est pas encore complété. Il faut encore que les adolescents parviennent à dégager les propriétés générales de ces connaissances, apprises dans un premier temps dans des situations spécifiques (Borkowski et al., 2000). Ainsi, l'aboutissement du développement des connaissances métacognitives se traduit par la constitution d'un répertoire de stratégies générales applicables à différents contextes et situations (Neuenhaus et al., 2011).

En ce qui concerne les expériences métacognitives, les enfants de 3-4 ans sont capables de porter des jugements (de confiance et d'exactitude) sur les réponses qu'ils vont ou qu'ils ont donné, bien qu'ils soient excessivement confiants notamment en ce qui concerne leurs mauvaises réponses (Desoete & Roeyers, 2006; Destan et al., 2014; Hembacher & Ghetti, 2014; Lipko et al., 2009; Roebbers, Kälin, et al., 2019). Cet excès de confiance diminue avec l'âge, ce qui laisse à penser que les expériences métacognitives des enfants commencent à être fiables entre 7 et 10 ans (Ghetti et al., 2008; Hembacher & Ghetti, 2013; Koriat & Ackerman, 2010; Krebs & Roebbers, 2010; Roderer & Roebbers, 2010; Roebbers et al., 2007; Schneider, 2015; Von der Linden & Roebbers, 2006). Il existe peu d'études sur le développement des expériences métacognitives à l'adolescence (Geurten et al., 2018; Weil et al., 2013). Toutefois, l'étude de Weil et al. (2013) montre que les jugements de confiance des adolescents en leurs réponses ne cessent de s'améliorer jusqu'à la fin de l'adolescence, ils deviennent plus précis et plus fiables, puis se stabilisent à l'âge adulte. Les auteurs évoquent le fait que cette amélioration est probablement en lien avec la période adolescente,

dont le retour à l'égocentrisme est propice au développement de la conscience et du concept de soi.

La même progression développementale s'observe pour les compétences métacognitives, bien qu'il y ait quelques différences temporelles. En effet, des compétences métacognitives élémentaires ont également été observées chez les jeunes enfants (Larkin, 2006; Whitebread et al., 2007, 2009). Whitebread et collaborateurs (2009) ont montré l'existence de comportements simples de planification, de vérification, et de correction chez des enfants de 3 à 5 ans en situations de jeux. Néanmoins, ces compétences semblent plutôt reposer sur la relation à l'autre (enfant ou adulte) et donc être le fruit d'une hétéro-régulation (Whitebread et al., 2007). Aussi, il est admis que les compétences métacognitives, dont un individu peut faire preuve seul, émergent aux alentours de 5-6 ans, avec la maturation du contrôle cognitif (Coughlin et al., 2015; Destan et al., 2014; Hembacher & Ghetti, 2014; Krebs & Roebbers, 2010). Le développement des compétences métacognitives est également dépendant du développement des connaissances et des expériences métacognitives, considérées comme des précurseurs (Annevirta & Vauras, 2006; Grammer et al., 2011; Koriat et al., 2006; Koriat & Ackerman, 2010; Krebs & Roebbers, 2012; Metcalfe & Finn, 2013; Roebbers, Mayer, et al., 2019; Roebbers & Spiess, 2017; Son & Metcalfe, 2000; Veenman et al., 2006). C'est donc progressivement que les enfants ont de plus en plus accès au contrôle de la répartition de leur temps d'étude, à la sélection des items pertinents ou encore à la correction de leurs erreurs (Coughlin et al., 2015; Destan et al., 2014; Hembacher & Ghetti, 2014; Krebs & Roebbers, 2010; Roebbers & Spiess, 2017; Steiner et al., 2019). Par exemple, Koriat et Ackerman (2010) ont montré que les enfants de 7-8 ans sont capables de se servir de leurs jugements de confiance, plus précis et plus fiables, pour pouvoir filtrer et corriger leurs erreurs. Puis, elles s'accroissent en qualité (précision) et en quantité (fréquence) jusqu'au début de l'âge adulte (van der Stel & Veenman, 2014; Veenman et al., 2004; Veenman & Spaans, 2005). Dans une étude transversale, Veenman et ses collaborateurs (2004) ont investigué le développement des compétences métacognitives au travers de quatre groupes d'élèves âgés de 9-10 ans, 11-12 ans, 13-14 ans, et 22 ans, évalué au travers de quatre tâches d'apprentissage dans différents domaines. Les résultats ont montré que la qualité des compétences métacognitives ne cesse de s'améliorer avec l'âge, et ce, indépendamment de leurs capacités intellectuelles. Dans une autre étude, van der Stel et Veenman (2014) ont suivi des adolescents de 12 ans de manière longitudinale pendant trois ans. Ils ont observé une amélioration de la qualité mais aussi de la quantité des compétences métacognitives. Ils

ont également détecté la survenue d'un « plateau » aux alentours de 14-15 ans. Ils suggèrent que cette phase d'arrêt du développement, en accord avec la théorie des systèmes dynamiques<sup>35</sup> (Siegler et al., 2010), correspond à la phase de transition vers la généralisation de la métacognition.

En résumé, « la métacognition émerge tôt dans la vie et suit un parcours de développement prolongé au cours duquel elle devient plus explicite, plus puissante et donc plus efficace, car elle en vient à fonctionner de plus en plus sous le contrôle conscient de l'individu »<sup>36</sup> (Kuhn, 2000, p. 178 - notre traduction). Ce développement s'intensifie par la confrontation aux exigences de l'école. En ce qui concerne la période de l'entrée au collège, il semble que les capacités métacognitives aient atteint le stade de l'efficacité pour entamer une phase de « réglage » notamment par le passage à une métacognition plus générale. Ce dernier point nous permet d'atteindre le premier objectif de ce chapitre, qui était de clarifier le cadre conceptuel de la métacognition. Cette compréhension du concept nous permet ainsi de réfléchir aux moyens possibles pour mettre en application la métacognition en classe dans l'objectif de favoriser la réussite scolaire de tous les collégiens. Dans cette perspective, nous allons présenter les préconisations issues de l'analyse des programmes pédagogiques déjà existants.

### 3. La mise en application de la métacognition en contexte scolaire

Comme nous l'avons vu, la métacognition est un concept-clé dans le domaine de l'éducation. Dès le début de l'étude de ce concept, les chercheurs ont tenté de mettre en place des programmes métacognitifs afin d'améliorer les performances scolaires des élèves. Les études ont indéniablement montré que ces programmes ont des effets positifs sur la réussite scolaire (Carpenter et al., 2019; Cherrier et al., 2020; Dignath et al., 2008; Dommert et al., 2013; EEF, 2016; Fleur et al., 2021; Georgiades, 2004; Hartman, 2001; Hattie, 2009; Nietfeld & Schraw, 2002; J. Perry et al., 2019; Rossi et al., 2012), et plus particulièrement sur les performances scolaires des élèves que ce soit en français ou en mathématiques (Aghaie & Zhang, 2012; Desoete et al., 2003; Kramarski & Mevarech, 2003; Lanoë et al.,

---

<sup>35</sup> La théorie des systèmes dynamiques s'intéresse à la manière dont les changements interviennent dans le développement. Elle suggère que le développement n'est pas linéaire mais qu'il est constitué de phase de régression comme de progression (Siegler et al., 2010).

<sup>36</sup> « *metacognition emerges early in life and follows an extended developmental course during which it becomes more explicit, more powerful, and hence more effective, as it comes to operate increasingly under the individual's conscious control* » (Kuhn, 2000, p. 178).

2015; Malsert et al., 2013; Mason, 2004; Palinscar & Brown, 1984; Pennequin et al., 2010; White & Frederiksen, 1998; Wong et al., 1996; Yang et al., 2020; Zohar & Ben David, 2008; Zohar & Peled, 2008). Il semble même que ces programmes soient davantage profitables aux élèves en difficulté scolaire, qui sont en proie à un manque de conscience de leurs faiblesses et de stratégies efficaces (Kramarski et al., 2002; Pennequin et al., 2010; White & Frederiksen, 1998; Wong et al., 1996; Yang et al., 2020; Zohar & Ben David, 2008; Zohar & Peled, 2008). Aussi, il existe divers programmes internationaux mais rien de tel en France, à notre connaissance, qui puisse s'appliquer directement en classe. Il ne s'agira donc pas ici de recenser, ni de décrire les interventions existantes, mais de synthétiser les préconisations établies par nos prédécesseurs pour élaborer un programme pédagogique métacognitif optimal qui puisse être applicable dans les collèges français.

Zohar et Barzilai (2013) ont précisément réalisé une méta-analyse dans le but de faire un état des lieux de la recherche sur la métacognition dans le domaine de l'apprentissage des sciences. Entre les années 2000 et 2012, ils ont recensé 233 études sur la métacognition, et en ont retenu 178 en fonction de plusieurs critères (Tableau 5). Sur la base du résumé de chaque article, les auteurs ont ainsi déterminé la typologie de l'étude (conceptuelle ou empirique), la population étudiée, la place de la métacognition dans l'étude (centrale ou marginale), le rôle qu'elle y joue (variable indépendante, dépendante, ou descriptive), le domaine d'étude qu'elle concerne (général, spécifique à un domaine, ou à un concept), et enfin les concepts psychologiques fréquemment étudiés en parallèle de la métacognition. La métacognition ayant fait l'objet de nombreuses recherches relativement diverses, Zohar et Barzilai ont tenté de déterminer les tendances et les manques qui existent dans ce champ. Ils ont choisi de réaliser des analyses descriptives portant sur le contenu des études recensées comme l'ont fait d'autres auteurs auparavant. En fonction des résultats, les auteurs ont soulevé des interrogations et ont proposé quelques recommandations pour les recherches à venir.

Avant de détailler les résultats de cette méta-analyse, il est pertinent de souligner quelques éléments descriptifs sur le corpus étudié. Tout d'abord, le nombre de recherches portant sur la métacognition dans le domaine de l'apprentissage des sciences n'a cessé de croître puisqu'il a plus que quadruplé en l'espace de deux décennies (57 études ont été recensées entre 1990 et 2002, pour 233 études entre 2000 et 2012). Parmi les 178 études explorées par les auteurs, la métacognition détenait une place centrale, c'est-à-dire qu'elle faisait partie de

Tableau 5 : Critères d'analyse des études recensées dans la méta-analyse de Zohar et Barzilai (2013)

Partie de l'article analysée	Critère utilisé	Modalités des critères
<b>Résumé de l'article</b>	Type d'étude	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conceptuelle</li> <li>- Empirique</li> </ul>
	Population étudiée	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3-4 ans</li> <li>- 6-9 ans</li> <li>- 9-12 ans</li> <li>- 12-15 ans</li> <li>- 15-18 ans</li> <li>- Enseignement supérieur</li> <li>- Formation des enseignants</li> </ul>
	Place de la métacognition	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centrale</li> <li>- Marginale</li> </ul>
	Rôle de la métacognition dans l'étude	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variable indépendante</li> <li>- Variable dépendante</li> <li>- Variable descriptive</li> </ul>
	Domaine d'étude	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Générale</li> <li>- Spécifique à un domaine scolaire</li> <li>- Spécifique à un concept scolaire</li> </ul>
	Concepts étudiés avec la métacognition	-
<b>Corps de l'article</b>	Composant métacognitif étudié	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Connaissances                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- sur les personnes</li> <li>- sur les tâches</li> <li>- sur les stratégies</li> </ul> </li> <li>- Compétences                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- de planification</li> <li>- de vérification</li> <li>- de régulation</li> <li>- d'évaluation</li> </ul> </li> <li>- Expériences métacognitives</li> </ul>
	Type de programmes pédagogiques métacognitifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instruction explicite</li> <li>- Pratique et entraînement</li> <li>- Incitations métacognitives</li> <li>- Discussions métacognitives dirigées par l'enseignant</li> <li>- Discussions métacognitives initiées par les élèves</li> <li>- L'écriture métacognitive</li> <li>- Modélisation métacognitive</li> <li>- Cartographie mentale</li> <li>- Utilisation des nouvelles technologies</li> </ul>

la problématique, dans plus de la moitié de ces études (64%). De la même manière, la majorité de ces études étaient de nature empirique (76.4 %). Parmi ces dernières, la métacognition avait un rôle de variable indépendante dans 43.4 % des études, ce qui signifie

qu'elle était expérimentalement manipulée au travers du programme métacognitif mis en place. Elle jouait un rôle de variable dépendante et était donc considérée comme une variable impactée dans 40.4 % des études. Enfin, elle avait un rôle « descriptif », autrement dit, elle était examinée en dehors de toute expérimentation dans 33.8 % des études. Toutefois, les auteurs ont soulevé un problème méthodologique qui n'est pas négligeable. En effet, ils ont constaté qu'il y a peu d'études qui présentent un design expérimental ou quasi-expérimental, avec un groupe contrôle et des mesures avant/après intervention. Ce manque de rigueur remet en question la validité des résultats (souvent positifs) issus de ces études. Par conséquent, les auteurs préconisent de réaliser des études contrôlées, autant que faire se peut.

Les analyses descriptives ont tout d'abord porté sur les populations concernées par l'étude de la métacognition dans le domaine de l'apprentissage des sciences (les études pouvaient inclure plus d'un groupe d'âge ; Figure 11). L'une des tendances remarquables était la rareté des études qui incluaient des enfants et des jeunes adolescents. Les auteurs n'ont relevé que 3 études qui concernaient les jeunes enfants âgés de 3-6 ans, 8 qui concernaient les enfants âgés de 6-9 ans, et une vingtaine qui concernaient les grands enfants âgés de 9-12 ans. Les études qui portaient sur les adolescents étaient à peine plus nombreuses. Trente études ont été relevées chez les adolescents âgés de 12-15 ans, et 28 chez les grands adolescents âgés de 15-18 ans. En revanche, les études sont nombreuses chez les jeunes adultes, inscrits dans l'enseignement supérieur (55 études). Les auteurs soulignent que le manque d'études sur la métacognition dans le domaine de l'apprentissage des sciences chez les plus jeunes élèves est problématique puisque les études ont montré que la métacognition commence à se développer dès la petite enfance et continue de se développer durant les années d'école. La rareté des études dessert ainsi nos possibilités d'enseigner et d'apprendre la métacognition à ces élèves alors qu'un tel enseignement pourrait contribuer à l'amélioration de leurs apprentissages futurs.

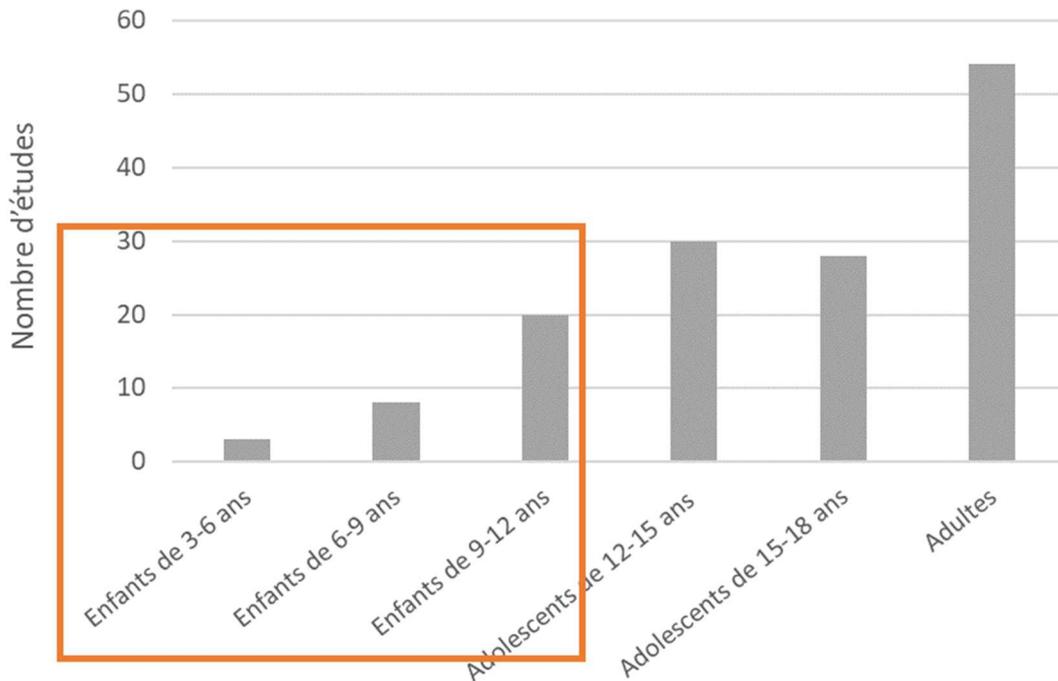


Figure 11 : Nombre d'études par groupe d'âge (adapté de Zohar & Barzilai, 2013)

Pour compléter leurs analyses, ils n'ont conservé que les études où la métacognition est centrale, et constitue une variable indépendante ou dépendante, soit 66 études sur 178. Sur la base du corps de l'article, ils ont tout d'abord identifié le ou les composant(s) métacognitif(s) examiné(s) dans chaque étude. En prenant appui sur la théorie de Flavell et de ses collaborateurs (Flavell et al., 2002), les auteurs ont distingué trois composantes métacognitives, à savoir les connaissances, les expériences, et les compétences métacognitives. Les connaissances métacognitives regroupent les connaissances sur les personnes, sur les tâches, et sur les stratégies. Les expériences n'ont pas été subdivisées et regroupent de manière indifférenciée les sentiments, les jugements, et les connaissances *online* spécifiques à la tâche. Les compétences métacognitives regroupent les compétences de planification, de vérification, de régulation, et d'évaluation (les auteurs, ici, ne mentionnent pas les compétences d'orientation).

Au sein des 66 études retenues, il semble que la métacognition ait plus fréquemment été étudiée par rapport à un domaine scolaire spécifique (*e.g.*, biologie) que de manière générale, et vis-à-vis d'un concept scolaire spécifique (*e.g.*, la sélection naturelle). En effet, les auteurs rapportent que la métacognition est rattachée à un domaine scolaire spécifique dans 61.2 % de ces études, alors qu'elle est en lien avec des aspects généraux de la métacognition dans seulement 38.8 % de ces études, et avec un concept scolaire spécifique dans 23 % de ces

études. En ce qui concerne les composantes métacognitives examinées (Tableau 6), ce sont les compétences métacognitives qui ont reçu le plus d'attention (86.4% de ces études). Moins de la moitié de ces études concernent les connaissances métacognitives (37.9 %) et peu d'entre elles ont exploré les expériences métacognitives (4.5 %). Selon les auteurs, ces résultats interrogent la manière dont est conceptualisée la métacognition dans le domaine de l'apprentissage des sciences. Dans un premier temps, ils soulignent la complexité du caractère général ou spécifique de la métacognition. Aussi, ils regrettent le manque d'études et de clarté quant aux implications d'un programme portant sur les aspects généraux de la métacognition alors que cette compréhension est essentielle pour envisager un programme pédagogique optimal. Dans un second temps, les auteurs questionnent le manque d'attention porté aux connaissances et aux expériences métacognitives. Selon eux, étudier les compétences métacognitives isolément va à l'encontre même du concept de métacognition. Ils conseillent donc d'accorder plus d'attention à toutes les composantes métacognitives étant donné qu'elles sont interdépendantes.

Tableau 6 : Fréquences et pourcentages des composantes métacognitives étudiées (adapté de Zohar et Barzilai, 2013)

Composant métacognitif étudié	Fréquence	Pourcentage
<b>Connaissances métacognitives</b>	<b>57</b>	<b>86.4</b>
Vérification	50	75.8
Évaluation	31	47.0
Planification	23	34.8
Régulation	22	33.3
<b>Expériences métacognitives</b>	<b>3</b>	<b>4.5</b>
<b>Compétences métacognitives</b>	<b>25</b>	<b>37.9</b>
Personnes	18	27.3
Stratégies	17	25.8
Tâches	10	15.2

Note : Les études peuvent apparaître dans plus d'une catégorie. Les pourcentages ont été calculés sur la base des 66 articles choisis pour les analyses sur le corps de texte.

Enfin, les auteurs se sont intéressés au type de programme métacognitif employé dans chaque étude. Pour ce faire, ils ont donc retiré du corpus les études où la métacognition constituait une variable dépendante et/ou les études où les activités visant à améliorer la métacognition n'étaient pas explicitement métacognitives. Ainsi, ils ont restreint leur corpus aux seules études qui comprenaient une approche pédagogique métacognitive, soit 55 études.

Sur la base de classifications antérieurement admises, ils ont identifié le ou les type(s) de programmes pédagogiques métacognitifs employé(s) dans chaque étude. La classification retenue comprend neuf types de programmes, que nous allons brièvement définir.

- (a) *L'instruction explicite* se réfère aux pratiques qui ont pour but l'enseignement explicite des connaissances, des compétences métacognitives ou des processus cognitifs. Il ne s'agit pas nécessairement de pratiques basées sur la « transmission » des savoirs mais qui peuvent prendre diverses formes tout du moins tant que l'objectif pédagogique est explicite.
- (b) *La pratique et l'entraînement* renvoie à la réalisation et à l'entraînement répété d'une activité en vue d'activer et d'appliquer des connaissances et des compétences métacognitives dans différentes tâches et contextes.
- (c) *Les incitations métacognitives* font référence à des messages incorporés dans les cours sous forme de question ou d'indices par l'enseignant ou les autres élèves qui tendent à guider les élèves en les incitant à une réflexion métacognitive.
- (d) *Les discussions métacognitives dirigées par l'enseignant* renvoient à des discussions où l'enseignant amène ses élèves à échanger sur la manière dont ils gèrent cognitivement leurs activités et leurs apprentissages afin de favoriser le développement de réflexions métacognitives.
- (e) *Les discussions métacognitives dirigées par les élèves* représentent une pratique semblable à la précédente à la différence qu'elles sont à l'initiative des élèves.
- (f) *L'écriture métacognitive* correspond à des pratiques basées sur la rédaction (plus ou moins courtes) par les apprenants de leur fonctionnement, ce qui leur permet de décrire et d'analyser leurs activités cognitives et leurs apprentissages.
- (g) *La modélisation métacognitive* renvoie aux démonstrations par l'enseignant de la manière dont il active et applique ses connaissances, comme ses compétences métacognitives dans un apprentissage, dans le but de concrétiser la démarche métacognitive.
- (h) *La cartographie mentale* fait référence à l'utilisation d'outils de représentation visuelle afin d'aider les élèves à concrétiser et partager leur démarche métacognitive.
- (i) *L'utilisation des nouvelles technologies* rassemble les pratiques où les outils numériques sont utilisés pour dispenser ou favoriser la métacognition.

Parmi les 55 études interventionnelles retenues, les incitations métacognitives représentaient le type de programme métacognitif le plus couramment employé (41 études sur 55, soit 74.5

% des cas ; Tableau 7). L'utilisation de l'écriture métacognitive était le second type de programme le plus récurrent (28 études sur 55, soit 50.9 % des cas). La pratique et l'entraînement se révélait également être un type de programme assez commun (24 études sur 55, soit 43.6 % des cas). Les auteurs soulignent que ce type de programme était bien souvent couplé à l'instruction explicite. Les discussions métacognitives, qu'elles soient à l'initiative de l'enseignant ou des élèves, semblaient avoir un certain succès, respectivement avec 23 et 22 études à leur compte (soit 41.8 % et 40.0 % des cas). Toutefois, ces deux types de programmes se distinguent des autres par le fait qu'ils font appel à l'apprentissage collaboratif, c'est-à-dire qu'ils mettent l'accent sur l'aspect social de l'apprentissage. Enfin, l'utilisation des nouvelles technologies pour favoriser la métacognition des élèves, la cartographie mentale ou encore la modélisation métacognitive, ont reçu peu d'attention, chaque type de programme ayant été utilisé dans moins de 20 % des études.

Tableau 7 : Fréquences et pourcentages des types de programmes métacognitifs employés (adapté de Zohar et Barzilai, 2013)

Type de programmes pédagogiques métacognitifs	Fréquence	Pourcentage
Incitations métacognitives	41	74.5
L'écriture métacognitive	28	50.9
Pratique et entraînement	24	43.6
Discussions métacognitives dirigées par l'enseignant	23	41.8
Discussions métacognitives initiées par les élèves	22	40.0
Instruction explicite	20	36.4
Utilisation des nouvelles technologies	11	20.0
Cartographie mentale	10	18.2
Modélisation métacognitive	8	14.5

Note : Les études peuvent apparaître dans plus d'une catégorie. Les pourcentages ont été calculés sur la base des 55 articles choisis pour les analyses sur le corps de texte qui incluent une approche pédagogique métacognitive.

Comme le notent les auteurs, le cas de la modélisation métacognitive par l'enseignant est singulier dans la mesure où cette pratique est peu considérée alors qu'elle est relativement

simple et effective. Néanmoins, la principale remarque des auteurs concerne la finalité de ces pratiques. En effet, les pratiques majoritaires offrent des possibilités de réflexions métacognitives aux élèves au travers des incitations, de l'écriture ou encore des discussions collectives, sans leur donner les clés pour savoir quoi et comment faire. Ces pratiques ont donc pour but de rappeler aux élèves d'activer leur métacognition mais ne leur permettent pas de compenser de potentielles lacunes (Veenman, 2011). Les élèves ont donc besoin d'un enseignement explicite selon les auteurs, pour acquérir de nouvelles connaissances et les mettre en pratique dans des situations de pleine conscience. Cet avis est corroboré par les résultats de plusieurs études qui montrent que l'instruction explicite s'avère efficace pour favoriser le développement de la métacognition chez les élèves, notamment pour les élèves en difficulté scolaire (Palinscar & Brown, 1984; White & Frederiksen, 1998; Zohar & Ben David, 2008; Zohar & Peled, 2008). L'instruction explicite peut alors intervenir seule ou en complément de pratiques de rappel.

Enfin, les auteurs se sont intéressés aux connaissances des enseignants sur la métacognition, puisque ce sont les acteurs centraux de l'enseignement de la métacognition. Ils n'ont recensé que 27 études sur les 178 explorées portant sur des enseignants (soit 15 %), dont les deux tiers étaient des enseignants en formation et un tiers étaient des enseignants en exercice. Une analyse plus approfondie a révélé que l'étude de la métacognition dans la formation des enseignants était en lien avec les connaissances pédagogiques dans seulement 14 études, alors que dans les autres, elle était en lien avec différents aspects de l'apprentissage. Parmi ces 14 études, les auteurs n'ont recensé que 5 études qui ont étudié les connaissances pédagogiques des enseignants sur l'enseignement de métacognition. De plus, ces études ne concernaient que des enseignants en exercice. Autrement dit, les études qui ont examiné le niveau des connaissances pédagogiques des enseignants vis-à-vis de l'enseignement de la métacognition aux élèves sont rares voire même inexistantes chez les enseignants en formation initiale. Ce dernier point est l'objet de la dernière remarque des auteurs. Ils rappellent que les enseignants ont besoin de connaissances sur la métacognition et sur la manière de l'enseigner pour pouvoir le faire efficacement. Or, il semble que les enseignants manquent de connaissances à ces deux niveaux, et donc d'outils facilement applicables en classe (Georghiades, 2004; Veenman et al., 2006; Zohar, 2006). La formation des enseignants, initiale comme continue, n'intègre peut-être pas suffisamment ou adéquatement le concept de métacognition alors même que son importance est reconnue pour les apprentissages (Georghiades, 2004; Thomas, 2012). Zohar et Barzilai (2013) soulignent la

nécessité de développer les connaissances des enseignants sur la métacognition pour leur permettre de mettre en place des programmes qui puissent être bénéfiques aux élèves.

Pressley et Gaskins (2007) ont décrit les objectifs et l'approche pédagogique qui, selon eux, devraient faire partie intégrante du programme d'enseignement primaire et secondaire en vue de développer la métacognition pour favoriser le fonctionnement exécutif des élèves et par là-même la réussite scolaire. Leur approche est valable pour tous les élèves, mais s'avère particulièrement adaptée aux élèves en difficulté qui ont tendance à ne pas découvrir ces processus par eux-mêmes. Les objectifs de cette approche se déclinent en cinq catégories de savoirs et de savoir-faire que les élèves devraient parvenir à maîtriser afin de devenir des apprenants persévérants et efficaces (Tableau 8).

Tout d'abord, il s'agit pour les élèves de connaître et d'appliquer des stratégies pour effectuer le monitoring et le contrôle de leurs activités durant un apprentissage. Cela nécessite de connaître des stratégies, de savoir comment les mettre en œuvre, quand et pourquoi les utiliser pour apprendre. Les élèves doivent assimiler que ces stratégies doivent être flexibles et possiblement revues, malgré le coût cognitif, pour accéder à la réussite. De plus, elles sont dépendantes de l'élève. Ce dernier doit donc savoir qui il est et comment il fonctionne pour pouvoir s'adapter à la situation. Ensuite, les élèves devraient avoir des connaissances sur les facteurs qui influencent leur motivation et savoir comment les maîtriser. Savoir que la réussite n'est pas le fruit d'un caractère inné ou du hasard mais d'efforts et de persévérance, notamment face à la difficulté, favorise l'envie d'apprendre. En effet, ces connaissances sur l'apprentissage placent les élèves en position d'acteur, responsable de leurs apprentissages. En conséquence, les élèves s'engagent plus activement dans les activités scolaires, génèrent des apprentissages plus profonds, et par là-même améliorent leurs performances scolaires. Les élèves devraient également savoir que d'autres variables influent sur les apprentissages comme celles relatives aux tâches ou aux situations et qu'elles sont maîtrisables. Par exemple, un élève doit savoir que pour faire un exposé sur un thème qu'il ne connaît pas, il doit commencer par des documents de vulgarisation pour comprendre et intégrer le vocabulaire spécifique pour se diriger ensuite vers des documents spécialisés. L'idée est de comprendre qu'un apprentissage est le résultat d'une interaction entre plusieurs variables, que l'élève peut, voire doit manipuler pour parvenir à ses fins. Gaskins et Pressley (2007) distinguent enfin deux autres objectifs à atteindre que nous regrouperons ici en un seul objectif qui est d'assimiler les grands principes de l'apprentissage sur la base du fonctionnement du cerveau. La compréhension du fonctionnement cérébral sert alors de

support à la modélisation de ce qu'est un apprentissage. Qu'il s'agisse des connexions neuronales, de la plasticité cérébrale, des émotions, ou encore du sommeil, comprendre comment le cerveau travaille offre aux élèves une base sur laquelle ils peuvent fonder leurs décisions pour contrôler leurs apprentissages.

Pour atteindre ces objectifs, six points doivent faire l'objet d'une instruction explicite et pratique en classe. Tout d'abord, les auteurs recommandent d'expliquer aux élèves la nature du cerveau et son fonctionnement dans les apprentissages de manière générale sans préciser clairement ce qui doit être enseigné. Toutefois, ils expliquent qu'il est nécessaire de réviser les croyances des élèves sur le cerveau et l'intelligence. Le but est de faire prendre conscience aux élèves que la réussite est le fruit d'efforts sur lesquels ils ont le contrôle. Il faut également leur apprendre les principes qui régissent les apprentissages en se basant sur le fonctionnement du cerveau. Savoir que la mémoire de travail est limitée, que l'oubli est moins conséquent lorsque l'apprentissage est distribué dans le temps, ou encore que le sommeil est une des clés pour apprendre, constitue une base de connaissances pertinentes pour choisir une méthode de travail adéquate. Ainsi, il est envisageable de leur parler du rôle de l'attention, de la mémoire, des émotions, ou encore du contrôle cognitif dans les apprentissages. Cependant, le savoir est une chose, l'expérimenter en est une autre. Les élèves doivent également prendre conscience à travers leur corps de ces phénomènes, il faut donc leur laisser la possibilité de les expérimenter au travers d'activités ludiques par exemple

Cette compréhension du cerveau soutient l'idée qu'il faut se connaître soi-même pour mieux faire. Il faut accompagner les élèves à analyser leurs attitudes cognitives, c'est-à-dire à déterminer s'ils sont plutôt passifs, impulsifs, inflexible, défaitiste, ou encore désorganisé. Il ne s'agit pas de juger si l'attitude cognitive des élèves est « bonne » ou « mauvaise », mais de savoir qui ils sont pour les aider à faire autrement plus efficacement. Dans le même but, il faut également qu'ils puissent réviser leur auto-évaluation par le questionnement de leurs croyances. Par exemple, certains élèves croient qu'ils ne seront jamais capables de réussir en mathématiques parce que personne n'est bon en mathématiques dans leur famille. D'autres pensent qu'ils sont stupides parce qu'ils travaillent durement pour apprendre alors que les élèves intelligents n'en ont pas besoin.

Leur auto-évaluation ne peut être que négative, leur croyance sous-jacente étant erronée (*e.g.*, l'intelligence est innée), ce qui les empêche de se comporter et d'agir efficacement. La sensibilisation au fonctionnement cérébral leur montre l'inverse, les incitant alors à réviser

leurs croyances, et donc à rééquilibrer leur auto-évaluation. La connaissance de soi devrait également tenir compte des aspects affectifs de l'apprentissage, comme les émotions, les événements de vie, ou encore les préférences des élèves. Ces éléments ont un impact sur la motivation des élèves et leur manière d'apprendre. Mieux vaut donc savoir les repérer et connaître leurs conséquences pour pouvoir les maîtriser.

Tableau 8 : Objectifs à atteindre dans une approche pédagogique métacognitive (Adapté de Gaskins et Pressley, 2007)

<p><b>Connaître et implémenter des stratégies en vue d'un monitoring et d'un contrôle de l'apprentissage</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Connaître des stratégies, comment les implémenter, quand et pourquoi les utiliser pour lire, écrire, s'organiser, étudier, et apprendre</li><li>2. Connaître son fonctionnement en tant qu'élève</li><li>3. Comprendre que les progrès accomplis vis-à-vis d'un but doivent faire l'objet d'un monitoring en utilisant différentes formes d'auto-évaluations, et qu'une stratégie différente doit être sélectionnée si le résultat ne convient pas</li><li>4. Comprendre que la réussite scolaire dépend d'un engagement actif et des efforts déployés dans l'utilisation de stratégies adaptées à des tâches scolaires spécifiques</li><li>5. Savoir comment utiliser des stratégies de manière flexible et combinée pour réaliser des tâches complexes</li></ol>
<p><b>Avoir des connaissances sur les facteurs qui affectent la motivation, la volition, et savoir les maîtriser pour améliorer l'apprentissage, la réflexion, et la résolution de problèmes</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprendre que le fait de justifier les succès et les échecs en termes d'efforts stratégiques contribue fortement à motiver les efforts et à promouvoir la réussite</li><li>2. Comprendre que le fait d'expliquer les succès et les échecs en termes de capacités (en particulier les capacités biologiquement déterminées), de chance, de la difficulté ou du manque de difficulté de la tâche, diminue la motivation</li><li>3. Connaître la valeur de la persévérance réflexive et savoir que la difficulté est un signal pour faire plus d'efforts, réévaluer la situation, peut-être formuler un nouveau plan, et continuer le monitoring de la tâche jusqu'à sa réalisation</li><li>4. Savoir que le fait de se parler à soi-même dans une situation aide souvent à planifier et à mener à bien des actions qui mènent à l'atteinte du but poursuivi</li></ol>
<p><b>Savoir que les variables relatives aux personnes, aux situations, aux tâches interagissent pour déterminer ce qu'il y a à apprendre, et savoir maîtriser ces variables</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprendre que le résultat de l'apprentissage peut être influencé en maîtrisant les variables relatives aux personnes qui peuvent interférer avec l'apprentissage, et en exploitant celles qui peuvent améliorer l'apprentissage</li><li>2. Comprendre qu'il est souvent possible de modifier une situation d'apprentissage pour rendre l'apprentissage plus facile, et pour accomplir une tâche plus efficacement, par exemple en analysant la tâche en plusieurs parties et en utilisant d'autres textes que celui qui est donné si celui-ci est trop difficile, trop dense ou inapproprié.</li></ol>
<p><b>Connaître un grand nombre de concepts importants et utiliser ces concepts pour générer et mémoriser de nouvelles connaissances</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprendre qu'une catégorie de connaissances est conceptuelle, plus qu'un ensemble de faits</li><li>2. Comprendre que les catégories peuvent être utilisées pour comprendre et apprendre de nouvelles informations</li></ol>
<p><b>Connaître et appliquer les principes de base du fonctionnement cérébral, et de l'apprentissage</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprendre le fonctionnement cérébral, les principes de l'apprentissage, et utiliser ces connaissances pour guider la sélection des stratégies d'apprentissages</li><li>2. Comprendre que le développement intellectuel prend du temps, qu'il n'est pas inné mais au contraire qu'il est acquis par l'instruction, la pratique, et la réflexion</li><li>3. Comprendre que les outils intellectuels appris à l'école primaire et secondaire, seront toujours utiles et, avec la maturation, seront encore plus puissants</li></ol>

La connaissance métacognitive ne s'arrête pas à la connaissance de soi, mais concerne également les situations, et les tâches. Ces variables tantôt optimisent, tantôt interfèrent avec les apprentissages. Les variables de situations rassemblent des connaissances qui ont trait à l'impact de l'environnement physique et social d'apprentissage. Les élèves doivent pouvoir discerner la pertinence ou non d'un cadre d'apprentissage (regarder la télévision lors des devoirs n'est pas propice à une bonne rétention), la disponibilité d'outils d'étude (se rendre à la bibliothèque pour rechercher des documents nécessaires à un exposé), ou les opportunités du travail collectif (travailler à plusieurs pour s'entraider à l'occasion d'un devoir). Les variables, relatives aux tâches, influent tout autant sur la manière dont un élève traite une tâche. Sa structure, son contenu, et son objectif sont déterminants. Par exemple, une évaluation qui porte sur une série de faits n'implique pas la même technique de révision qu'une évaluation qui demande une réflexion personnelle. Les élèves devraient donc connaître l'influence de ces variables afin de mieux les percevoir et de les maîtriser lorsque cela est nécessaire. L'ensemble des connaissances décrit ci-dessus est à la base de la métacognition et semble ainsi pouvoir être acquis.

S'il est nécessaire de connaître ces informations pour faire autrement, encore faut-il savoir comment faire, ce qui nous amène au troisième point important de l'approche de Gaskins et Pressley (2007). Ces derniers suggèrent qu'il faut expliciter les stratégies aux élèves pour développer leurs compétences métacognitives. Dans un premier temps, les élèves doivent connaître des stratégies simples. Il y a plusieurs possibilités pour une même situation et cela en fonction de l'individu. Les stratégies enseignées représentent, entre autres, le fait de s'arrêter ou faire des pauses, de changer de point de vue, de s'engager dans une tâche, de rassembler des informations, d'utiliser l'imagerie mentale. Dans un second temps, les enseignants doivent intégrer ces stratégies basiques dans un cycle métacognitif. Il leur faut donc revisiter avec les élèves, de manière très concrète, les cinq compétences métacognitives qui favorisent la gestion de la réalisation d'une tâche. Dans un premier temps d'orientation, les élèves doivent apprendre à analyser la situation. Ils doivent rechercher l'objectif de la tâche, mais aussi prendre en compte les caractéristiques personnelles et situationnelles qui pourraient interférer ou optimiser la gestion de la tâche. Vient ensuite l'étape de planification, les élèves doivent s'interroger sur la manière de réaliser la tâche, et sur la(es) stratégie(s) à employer. Ainsi, ils assimilent la nécessité d'anticiper un plan d'action. Ensuite, les élèves mettent en œuvre leur plan tout en s'assurant continuellement qu'ils ne font pas d'erreur. Une fois la mise en œuvre terminée, les élèves doivent évaluer leurs

productions au vu de la situation. Les questionnements se portent par exemple, sur la qualité de la réponse trouvée selon ce qui était attendu, de la démarche employée, ou encore sur l'impact des caractéristiques contextuelles (variables relatives aux personnes, aux tâches, et aux situations). Dans le cas où les élèves ne manifestent pas de doutes quant à leurs réponses alors le processus s'arrête. Le cas échéant, les élèves doivent apprendre à poursuivre leurs efforts en répétant ce cycle de contrôle.

Enfin les auteurs insistent sur deux aspects qui permettent de favoriser le développement de la métacognition. Le premier concerne le dialogue intérieur. Comme nous l'avons vu précédemment, une bonne métacognition n'est pas nécessairement verbalisable. En revanche, la verbalisation semble incontournable pour développer la métacognition des élèves. C'est la raison pour laquelle les auteurs insistent sur le besoin d'expliquer et de modéliser l'importance de se parler à soi-même. Cela aide les élèves à s'engager dans une tâche et dans une réflexion métacognitive. Les enseignants doivent encourager les élèves à élaborer, d'abord à voix haute puis dans leur tête, des explications sur le choix d'une stratégie, la manière de la mettre en application, les résultats attendus et ceux obtenus, mais aussi des autocritiques (positives ou négatives). La mise en mots explicite par les élèves de leur propre fonctionnement est une étape essentielle pour qu'ils automatisent cette stratégie. Le second point concerne l'auto-évaluation de soi. Cette compétence métacognitive est essentielle pour pouvoir tirer profit des diverses expériences vécues. Elle permet d'accroître ou de rectifier nos connaissances métacognitives mais aussi d'affiner nos jugements et nos processus de contrôle à venir. La prise de conscience par l'élève, de ses points forts et de ses faiblesses chaque jour en classe est le premier pas pour qu'il parvienne à les gérer efficacement ou qu'il s'adapte à une situation nouvelle. Progressivement, ses auto-évaluations auront une portée plus vaste, et concerneront les techniques employées pour réviser ses devoirs, les contextes de travail, ou leurs attributs en tant qu'apprenant.

#### 4. Conclusion

Véritable enjeu pour la réussite scolaire, la métacognition représente la capacité à connaître et à réguler ses activités cognitives. Elle se compose des connaissances et des expériences métacognitives, qui assurent le monitoring de la cognition, en étroite interaction avec des compétences métacognitives qui soutiennent la régulation de la cognition. L'efficacité de la métacognition dépend alors de la justesse de ces trois composantes, qui peuvent être enrichies ou révisées par l'élève lui-même ou par le biais de son environnement social

(professeurs, pairs). Pour être métacognitivement efficace, l'adéquation de la métacognition de l'élève avec la réalité prime sur son caractère explicite ou implicite (Chi et al., 1989; Reif, 2008; Sabella & Redish, 2007). Aussi, lorsque la métacognition est lacunaire ou inadéquate, la verbalisation explicite des processus sous-jacents doit être privilégiée pour l'enrichir ou la réviser (Aghaie & Zhang, 2012; Darling-Hammond et al., 2019; Doly, 2006; Gauthier et al., 2013; Gersten et al., 2009; Paris & Winograd, 1990a; Zohar & Peled, 2008). La présentation de la métacognition à un niveau général, ou interdisciplinaire, est à préférer pour les élèves de collège. À cet âge, il semble d'ailleurs que les capacités métacognitives soient totalement développées mais entrent dans une phase de réglage qualitatif (van der Stel & Veenman, 2010, 2014; Veenman & Spaans, 2005; Veenman & Verheij, 2003; Vo et al., 2014).

L'ensemble de ces considérations théoriques nous permet ainsi de réfléchir aux moyens possibles pour mettre en application la métacognition en classe dans l'objectif de favoriser la réussite scolaire des collégiens. À notre connaissance, il n'existe pas de programme métacognitif en langue française visant à favoriser leur réussite scolaire. Toutefois, des préconisations pour l'élaboration d'un tel programme ont été établies sur la base des programmes internationaux (Gaskins & Pressley, 2007; Zohar & Barzilai, 2013). Dans cette perspective, cinq points apparaissent comme essentiels. Les enseignants doivent être formés à la métacognition pour construire un programme facilement applicable en classe, qui privilégie l'instruction explicite et la pratique, pour favoriser la métacognition à un niveau général au travers d'un enseignement sur l'anatomie et le fonctionnement cérébral. Le Chapitre 3 exposera ainsi le programme pédagogique métacognitif créé sur la base des préconisations établies, après l'énoncé de notre problématique et du contexte de réalisation de notre étude expérimentale. Le protocole de recherche sera ensuite détaillé, pour laisser place aux hypothèses opérationnelles qui ont guidé notre travail.

CHAPITRE



3

LE PROGRAMME PÉDAGOGIQUE MÉTACOGNITIF  
« CONNAISSANCE DE SOI » :  
CONCEPTION ET PROTOCOLE DE RECHERCHE

*« L'Éducation nationale doit faire éclore un nouveau système de recherche, plus systématique, plus rigoureux, qui associe enseignants et chercheurs dans la quête incessante d'une éducation plus efficace, fondée sur des données factuelles et bien éprouvées »*

Stanislas Dehaene, 2018

## 1. Problématique et contexte de la recherche

Au regard du niveau scolaire attendu en français et en mathématique à l'entrée au collège, présenté au Chapitre 1, nous avons pu constater qu'une partie des collégiens français se trouve en difficulté voire en échec scolaire (Andreu et al., 2016; Arzoumanian & Dalibard, 2015; Dalibard et al., 2016; Dalibard & Pastor, 2015; Mullis et al., 2016, 2017; OCDE, 2019b). Pour répondre à cette problématique, le gouvernement a mis en place la réforme du Collège. Cette dernière affiche la volonté d'enrayer la spirale de l'échec scolaire en incitant le développement de l'apprendre à apprendre, tout en laissant un certain flou quant aux outils à utiliser par les enseignants pour y parvenir. Comme nous l'avons vu, la rencontre des sciences cognitives et de l'éducation a permis de mettre en lumière l'importance des capacités de gestion de la cognition chez les élèves pour apprendre et réussir (Best & Miller, 2010; Blair & Diamond, 2008; Brown et al., 1983; Dunlosky & Rawson, 2012; Fuhs et al., 2014; Geurten, Catale, et al., 2016; Kieffer et al., 2013; E. K. Miller & Cohen, 2001; Miyake et al., 2001; Roderer & Roebers, 2014; Roebers et al., 2012, 2014; Schneider & Artelt, 2010; van der Sluis et al., 2007; Yenziad et al., 2013). La question est alors de savoir comment soutenir ces capacités qui, par ailleurs, semblent faire défaut aux élèves d'après les rapports nationaux et internationaux. Les recherches effectuées dans ce domaine nous invitent à privilégier une approche soutenant le développement de la métacognition des élèves (Demetriou et al., 2018; Espinet et al., 2013; Zelazo, 2018). Au regard de la place majeure et de l'impact de la métacognition dans les apprentissages scolaires, ce choix apparaît d'autant plus pertinent pour répondre à la problématique de l'échec scolaire en France.

Forts de la compréhension conceptuelle de la métacognition, présentée au Chapitre 2, plusieurs chercheurs ont tenté d'élaborer des programmes métacognitifs pour améliorer les performances scolaires des élèves, et notamment des élèves de collège (Georghiadès, 2004; Hartman, 2001; Hattie, 2009; Kramarski & Mevarech, 2003; Palinscar & Brown, 1984; Pennequin et al., 2010; J. Perry et al., 2019; Sandi-Urena et al., 2011; Zohar & Ben David, 2008; Zohar & Peled, 2008). Bien que de nature diverse et variée, ces programmes ont fait leurs preuves et semblent davantage profitable aux élèves en difficulté scolaire (Hartman, 2001; Kramarski et al., 2002; Mannion & Mercer, 2016; Pennequin et al., 2010; White & Frederiksen, 1998; Wong et al., 1996; Yang et al., 2020; Zohar & Ben David, 2008; Zohar & Peled, 2008). Toutefois, il n'existe pas, à notre connaissance, de programme métacognitif en langue française qui puisse s'appliquer directement en classe tout en ayant fait l'objet

d'une validation scientifique. Au vu des différences entre les systèmes éducatifs, il nous semblait peu pertinent de traduire un programme étranger en langue française pour le transposer au Collège. De ce fait, notre premier objectif a été de concevoir un programme pédagogique qui puisse tenir compte des préconisations établies et qui soit applicable dans notre système éducatif pour un niveau Collège.

Les préconisations établies à ce jour constituent de remarquables points de repères pour l'élaboration d'un programme pédagogique visant à développer la métacognition d'élèves de collège, et notamment des élèves les plus en difficulté (Dignath et al., 2008; Gaskins & Pressley, 2007; Georghiades, 2004; Hattie, 2009; Pennequin et al., 2010; Veenman, 2011; Zohar & Barzilai, 2013; Zohar & Peled, 2008). Sur la base de notre revue de la littérature, nous avons dégagé plusieurs points essentiels à prendre en compte (Figure 12). Au préalable, il est nécessaire que les enseignants soient formés et disposent d'une base de connaissances suffisante en ce qui concerne le fonctionnement cérébral et cognitif dans les apprentissages. Les connaissances théoriques acquises par les enseignants leur permettent de construire un programme pédagogique directement et facilement applicable en classe. Un tel programme s'avère d'autant plus pertinent s'il s'intègre aux programmes scolaires et n'apparaît pas comme un cours supplémentaire. Sur le plan pédagogique, associer l'instruction explicite et la pratique est un format à privilégier pour favoriser la compréhension et l'appropriation des concepts par les élèves. Ce type de programme implique également que chaque composante de la métacognition fasse l'objet d'une attention particulière et ce, à un niveau général. Ainsi, les concepts enseignés doivent faire l'objet d'une expérimentation dans des situations variées. Enfin, l'enseignement de l'anatomie et du fonctionnement cérébral semble être un support idéal pour soutenir la métacognition en contexte scolaire, en offrant un cadre objectif et concret aux élèves.

Pour concevoir un programme pédagogique métacognitif, nous avons mis en place un partenariat visant à élaborer une première version de contenus qui pourrait faire l'objet, dans un second temps, d'une évaluation expérimentale. À la demande du chef d'établissement du Collège Georges Desdevises du Désert de Lessay (département de la Manche) et de son équipe pédagogique confrontés aux difficultés scolaires de leurs élèves, une collaboration s'est instaurée avec le Laboratoire de Psychologie Caen Normandie (LPCN) et le Centre Académique de Recherche-Développement en Innovation-Expérimentation (CARDIE) de Normandie. En premier lieu, tous les professionnels de l'établissement ont été formés au



Figure 12 : Éléments essentiels pour construire un programme pédagogique visant le développement de la métacognition d'élèves de collège

mois de juin 2016 (Annexe 8), par Mesdames Lanoë, Lubin et Rossi, enseignantes-chercheuses à l'UNICAEN et membres du LPCN, expertes dans le domaine (Lanoë et al., 2015, 2016; Lubin et al., 2012; Rossi, 2015; Rossi et al., 2012, 2015, 2017). Sur la base de cette formation, dès la rentrée scolaire 2016, les enseignants ont co-construit des contenus pédagogiques visés et révisés par les enseignantes-chercheuses. Les contenus élaborés ont été intégrés, au fur et à mesure de l'année, dans un créneau hebdomadaire d'Accompagnement Personnalisé (AP), qui venait d'être mis en place dans l'établissement grâce à la réforme du Collège (Décret n°2015-372 du 31 mars 2015 relatif au socle commun de connaissances, de compétences et de culture ; Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse) et destiné à soutenir les capacités à apprendre des élèves. Les préconisations de Gaskins et Pressley (2007) ont été suivies par l'équipe pour déterminer les concepts à aborder (i.e., définition et influences des conceptions de l'intelligence, des facteurs cognitifs, physiologiques et motivationnels sur les apprentissages scolaires). L'intégralité des contenus a reposé sur la compréhension des principes de base du fonctionnement cérébral afin que les élèves puissent accéder à une représentation concrète des concepts enseignés. Chaque

concept enseigné a fait l'objet d'un éclairage théorique et d'au moins une activité pédagogique afin de permettre aux élèves de s'engager dans une auto-évaluation de leur propre fonctionnement cognitif. L'ensemble des 300 élèves de l'établissement (de la 6<sup>ème</sup> à la 3<sup>ème</sup>) a pu bénéficier de ces contenus durant toute l'année scolaire 2016/2017.

Il s'agissait, au travers de cette étude pilote, de permettre à l'équipe d'entrevoir les enjeux et les contraintes du monde de la recherche, mais il était aussi question pour nous d'analyser les possibilités et les limites d'une expérimentation en milieu écologique. Cette collaboration entre le monde de l'école et celui de la recherche au service de la réussite scolaire au collège a été présentée à la 7<sup>ème</sup> Journée Nationale de l'Innovation du Ministère de l'Education Nationale en mars 2017, où elle y a reçu le prix des pratiques favorisant l'évaluation pour les apprentissages. La reconnaissance obtenue au travers de ce prix (Annexe 9) a permis de poursuivre la collaboration avec le soutien financier de la Région Normandie (bourse doctorale) et de la Fondation de France (subvention de recherche allouée à l'établissement) afin de mettre en œuvre un protocole de recherche visant à évaluer les effets d'un programme pédagogique métacognitif sur la réussite scolaire des collégiens. En fonction des observations réalisées auprès des élèves, il est apparu nécessaire de leur laisser plus de temps pour intégrer les concepts et favoriser la transformation de leur métacognition (McDaniel & Bugg, 2012). Ainsi, les contenus ont été amendés, complétés, parfois révisés par les enseignants pour élaborer un Programme Pédagogique Métacognitif (PPM), intitulé « Connaissance de soi » qui serait diffusé non plus sur une mais sur deux années de scolarité (de l'entrée en 6<sup>ème</sup> jusqu'à la fin de l'année de 5<sup>ème</sup>). Cette thèse vise donc à déterminer ses bénéfices sur la réussite scolaire d'élèves de collège.

Nous avons émis plusieurs hypothèses générales qui nous ont permis de fonder notre protocole de recherche. Dans un premier temps, nous formulons l'hypothèse que l'enseignement dispensé sur deux années permettrait aux élèves de disposer de meilleures connaissances sur le cerveau. Le PPM devrait également permettre la mise en œuvre des connaissances délivrées au profit de la réussite scolaire par le soutien de la métacognition des élèves. Nous formulons donc l'hypothèse qu'il favoriserait la réussite scolaire des élèves par le biais de l'amélioration de leurs capacités métacognitives (Efklides, 2008; Gaskins & Pressley, 2007; Georghiades, 2004; Marulis et al., 2020; McDaniel & Bugg, 2012; Veenman, 2011; Whitebread, 1999; Zohar & Barzilai, 2013). Toutefois, nous ne pouvons nier l'influence des capacités cognitives sur le parcours scolaire d'un élève (Alexander &

Schwanenflugel, 1996; Snyder et al., 2011; van der Stel et al., 2010; Yeniad et al., 2013). Ainsi, nous avons souhaité que cette seconde hypothèse soit éprouvée en tenant compte du développement cognitif des élèves, observé sur les deux années de diffusion du PPM, au travers de leurs capacités mnésiques, attentionnelles, intellectuelles et exécutives. Enfin, comme la littérature tend à le suggérer, nous formulons l'hypothèse que cet effet devrait être plus important chez les élèves présentant des difficultés scolaires avant toute intervention (Hartman, 2001; Kramarski et al., 2002; Mannion & Mercer, 2016; Pennequin et al., 2010; White & Frederiksen, 1998; Wong et al., 1996; Yang et al., 2020; Zohar & Ben David, 2008; Zohar & Peled, 2008).

L'objet de ce travail de thèse est donc d'éprouver la pertinence d'un programme pédagogique métacognitif, axé sur le fonctionnement cérébral et cognitif, pour favoriser la réussite scolaire d'élèves de collège, et dans une plus vaste mesure, pour répondre à la problématique de l'échec scolaire en France. Dans ce chapitre, nous détaillerons son contenu et le protocole de recherche que nous avons élaboré pour en évaluer les effets. Enfin, nous indiquerons nos hypothèses opérationnelles pour chacune de nos variables comportementales d'intérêt.

## 2. Le Programme Pédagogique Métacognitif « Connaissance de soi » au collège

Le PPM « Connaissance de soi » se compose de 9 séquences pédagogiques correspondant à 9 thématiques distinctes, reposant sur une ou plusieurs séances de cours (Annexe 10). Toutes les séquences pédagogiques reposent sur l'usage d'activités, de questionnaires, de vidéos, et de jeux dans une démarche métacognitive. Elles ont été pensées de façon à permettre aux élèves de réfléchir et d'expérimenter leur fonctionnement cognitif. Pour chaque séquence, un temps est consacré 1) à la description par les élèves de leur fonctionnement, 2) à la délivrance d'un contenu théorique sur la notion abordée, 3) à l'expérimentation des nouvelles connaissances apportées à travers diverses activités, et 4) à l'auto-évaluation par les élèves de leurs représentations ou leurs comportements par rapport à ce qui est enseigné, pour leur permettre de prendre conscience de leurs difficultés et de leurs points forts. L'ensemble des séquences pédagogiques est réparti sur deux années. La première année comprend 5 séquences pédagogiques, soit l'équivalent de 14 séances. Ces séquences pédagogiques sont axées sur le cerveau, l'intelligence, l'apprentissage, les processus automatiques, le sommeil et les apprentissages (Figure 13). Elles permettent essentiellement

de mettre au travail les conceptions des élèves quant à l'intelligence, l'apprentissage, et les représentations qu'ils ont d'eux-mêmes en tant qu'apprenant. La seconde année comprend 4 séquences pédagogiques, soit l'équivalent de 22 séances. Elles portent sur la mémoire, l'attention, les fonctions exécutives<sup>37</sup> et enfin le rôle de l'erreur dans les apprentissages (Figure 14). Ces séquences, par contraste avec celles de la première année, permettent essentiellement de questionner les stratégies déployées par les élèves et de découvrir, voire de s'approprier, celles qui semblent optimales pour apprendre. Nous allons maintenant préciser le contenu de chaque séquence pédagogique du PPM.

---

<sup>37</sup> Nous avons choisi de garder le terme de « fonctions exécutives », assimilé au concept de « contrôle cognitif » employé dans le Chapitre 1, puisqu'il a été privilégié par les enseignants qui ont co-construit le PPM.

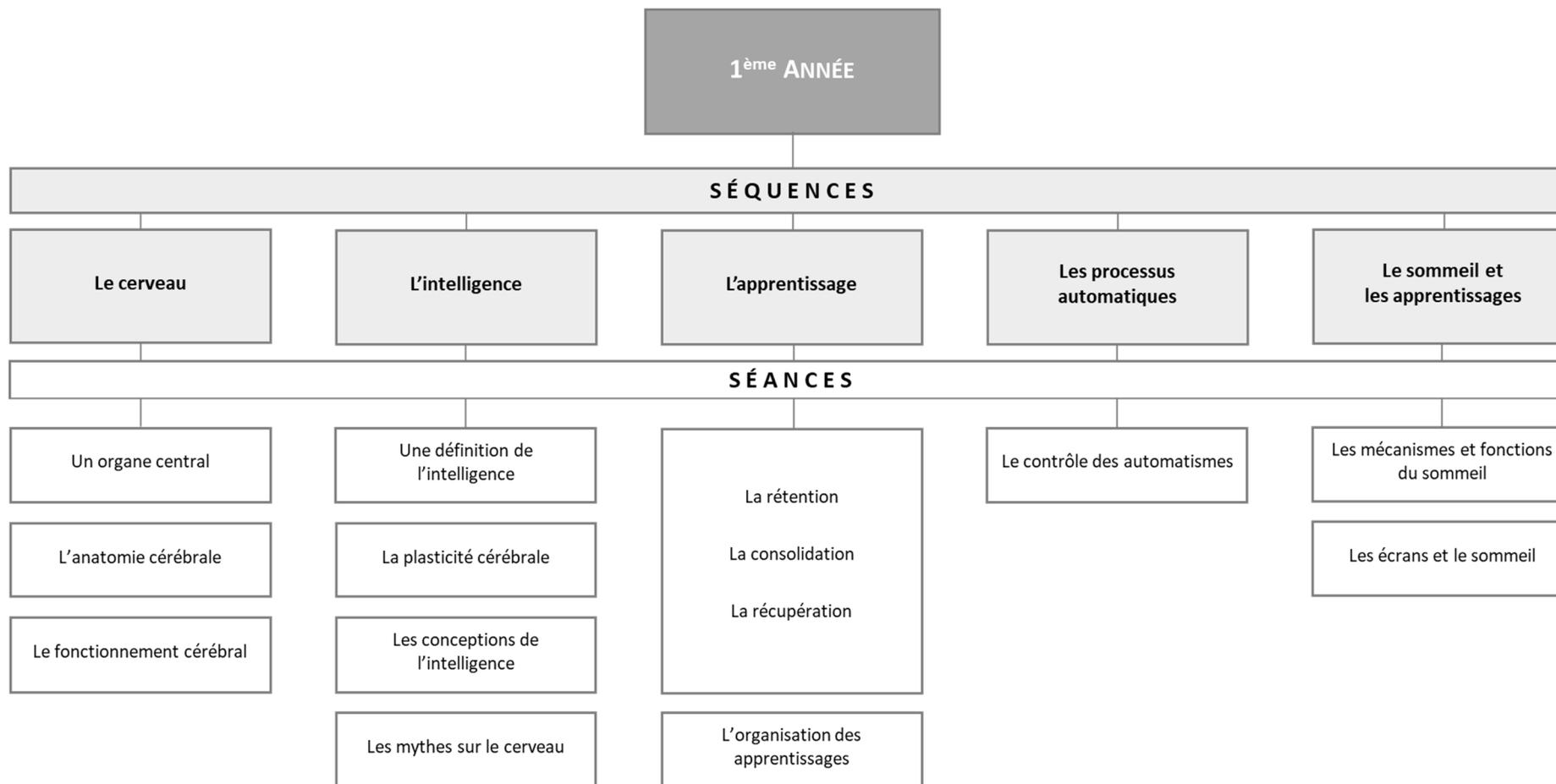


Figure 13 : Thèmes des 5 séquences, et des séances correspondantes, abordés avec les élèves de 6ème lors de la première année d'enseignement du PPM

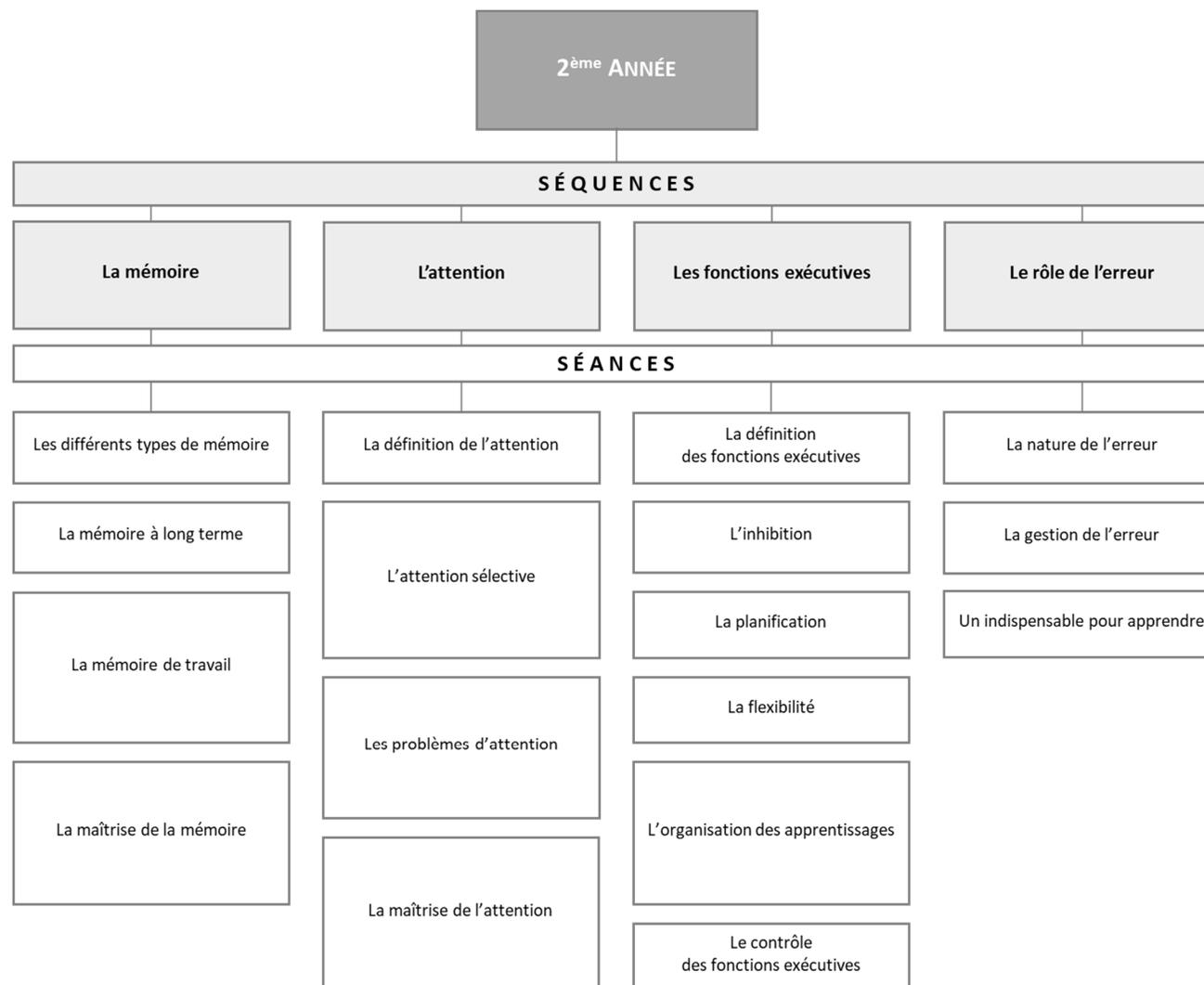


Figure 14 : Thèmes des 4 séquences, et des séances correspondantes, abordés avec les mêmes élèves, en 5<sup>ème</sup> lors de la seconde année d'enseignement du PPM

## 2.1. Le Programme Pédagogique Métacognitif de la classe de 6<sup>ème</sup>

### 2.1.1. Le cerveau

La Séquence 1 aborde l'anatomie et le fonctionnement cérébral au travers de 3 séances (Annexe 10, Séquence n°1). La première séance a pour objectif de faire prendre conscience aux élèves du rôle central du cerveau dans le fonctionnement humain à l'aide de situations mises en scène par les professeurs réalisant le PPM. Lors de la seconde séance, l'accent est mis sur l'anatomie et le fonctionnement du cerveau. Il s'agit de faire découvrir aux élèves que cet organe se divise en plusieurs parties, qui présentent des fonctions relativement spécialisées (*e.g.*, le lobe temporal est spécialisé dans le traitement des stimuli auditifs ; Figure 15). Cette séance s'appuie sur la création d'un chapeau-cerveau, des vidéos, des exercices et un diaporama.

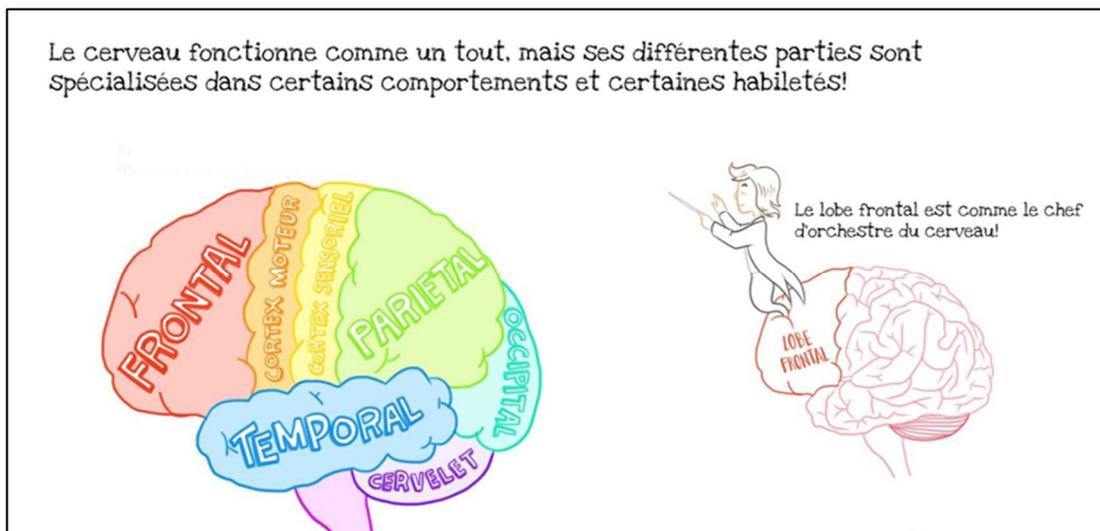


Figure 15 : Extrait du diaporama utilisé lors de la séance 2 de la séquence 1 pour illustrer les différentes parties du cerveau et leurs fonctions spécifiques (image de gauche) et amorcer la séance 3 sur le travail en réseau du cerveau, coordonné par le lobe frontal (image de droite)

Enfin, la troisième séance est consacrée au travail en réseau du cerveau organisé par le lobe frontal. Ainsi, les élèves sont amenés à comprendre que les différentes régions du cerveau doivent travailler de concert pour être efficaces, et que ce travail de coordination résulte de processus particuliers hébergés par le lobe frontal. Afin d'illustrer et donc de rendre plus concret ce dernier point, l'utilisation des personnages Réfecto a été privilégiée (Figure 16 ; Gagné & Longpré, 2004). De manière métaphorique, ces personnages avec leur métier représentent chacun un processus cognitif de haut niveau (*e.g.*, attention sélective, inhibition, flexibilité). Ils font l'objet d'une explication quant à leur rôle, avec leurs avantages et leurs

faiblesses. Ils sont présentés comme étant sous la coordination du chef d'orchestre, qui les active, les dirige, les contrôle, et qui n'est autre que l'élève lui-même. De cette manière, la séquence permet aux élèves de se familiariser avec les processus cognitifs dont ils disposent et de prendre progressivement conscience du pouvoir qu'ils ont dessus.



Figure 16 : Représentation des personnages Réfecto utilisés lors de la séance 3 de la séquence 1 pour illustrer les processus cognitifs dont disposent les élèves (Gagné & Longpré, 2004)

### 2.1.2. L'intelligence

La Séquence 2 porte sur l'intelligence et se déroule sur 4 séances (Annexe 10, Séquence n°2). Au début de la première séance, les enseignants proposent un questionnaire aux élèves, élaboré à partir des travaux de Carole Dweck sur les conceptions de l'intelligence (Blackwell et al., 2007; Da Fonseca et al., 2004; Dweck, 2000, 2002; Nussbaum & Dweck, 2008). La suite de la séance s'attache à définir et à présenter l'intelligence comme étant le reflet d'une multitude de compétences. Les enseignants ont pris le parti d'employer le concept des « intelligences multiples » de Gardner (1996) et l'une de ses adaptations éducatives, « Les Multibrios » (Figure 17; Hovington & Bazinet, 2004). En dépit de son inconsistance théorique que nous reconnaissons (Waterhouse, 2006), ce choix a été motivé par sa pertinence pédagogique pour illustrer paradoxalement la diversité des domaines de compétences. Ainsi, les enseignants souhaitaient lutter contre les modes de fonctionnement fatalistes en montrant aux élèves que tout le monde est intelligent à sa manière.

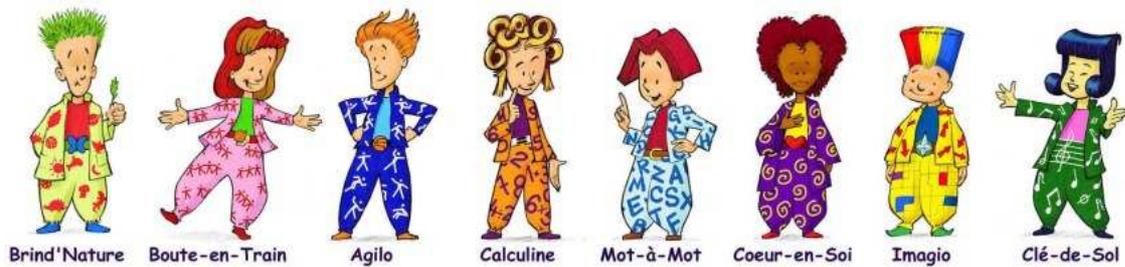


Figure 17 : Personnages "Les Multibrios" utilisés dans la séquence 2 pour illustrer les domaines de compétences (Hovington & Bazinet, 2004)

Ce point sert ensuite de transition pour aborder la notion de plasticité cérébrale et questionner le caractère inné/acquis de l'intelligence. La seconde séance s'articule alors autour d'un conte de Perrault (« Riquet à la Houppe » ; Annexe 10, Séquence n°2, séance n°2) et prend la forme d'une enquête à résoudre. Le caractère malléable de l'intelligence laisse place à une réflexion sur les conceptions de l'intelligence que détiennent les élèves et les comportements dont ils peuvent faire preuve face aux apprentissages. Le questionnaire rempli au début de la séquence est réutilisé comme support de discussion, permettant par là-même de faire prendre conscience aux élèves de leur fonctionnement. La dernière séance constitue une synthèse de la séquence pédagogique dans son ensemble. Par petits groupes, les élèves reprennent une affirmation ou un mythe portant sur le cerveau et/ou l'intelligence et doivent juger de sa véracité au regard des nouvelles connaissances apportées.

### 2.1.3. L'apprentissage

La séquence 3 se concentre sur les principes d'apprentissage reconnus comme étant optimaux, et ce, pendant 4 séances (Annexe 10 ; Séquence n°3). En amont, les élèves sont invités à noter, lors de l'apprentissage d'une leçon de leur choix, à quel moment ils apprenaient, durant combien de temps et quels moyens ils employaient. Au cours des deux premières séances, les élèves sont mis en position d'apprentis-chercheurs. Ils doivent explorer trois principes qui concernent les trois grandes étapes du processus de mémorisation que sont la rétention, la consolidation, et la récupération. À l'aide de plusieurs documents, dont des résultats issus de la littérature scientifique, les élèves explorent l'intérêt de l'espacement des apprentissages (apprentissage massé *versus* distribué), du sommeil pour un apprentissage en profondeur, et de tester régulièrement ses connaissances (*retrieval practice*). La troisième séance est l'occasion de faire une synthèse des principes optimisant les apprentissages sur lesquels les élèves ont travaillé précédemment. Cette synthèse donne lieu à une analyse par les élèves des pratiques qu'ils employaient jusqu'ici, au regard de ces

dits principes. Enfin, la dernière séance a pour objectif d'accompagner les élèves quant à la mise en application de ces principes. Il s'agit de les aider dans la création d'un planning de travail pour la semaine à venir, en fonction de leurs contraintes personnelles.

#### 2.1.4. Les processus automatiques

La Séquence 4 représente une séance unique et a pour but de sensibiliser les élèves aux erreurs liés à des automatismes et notamment aux processus heuristiques (i.e., « Dual process theory » ; Kahneman, 2003 ; Annexe 10, Séquence n°4). Ces derniers correspondent à des opérations mentales rapides et relativement automatiques qui permettent à l'être humain de s'adapter la plupart du temps de manière efficace à son environnement. Toutefois, ils se basent sur nos connaissances et nos croyances et nous amènent parfois à des réponses erronées. Les processus analytiques permettent alors de contrer les erreurs commises par les processus heuristiques. Ces processus sont plus lents et plus coûteux mais se dégagent de nos croyances pour nous permettre d'opérer une analyse logique de la situation et nous amener à une réponse adéquate. À l'aide d'exercices et de situations problèmes (*e.g.*, problème de la gomme et du crayon ; De Neys et al., 2013), les élèves sont amenés à expérimenter les processus heuristiques, à l'origine parfois de leurs erreurs, ainsi que les processus analytiques qui peuvent leur permettre de les éviter. Il s'agit donc ici de faire prendre conscience aux élèves qu'ils sont soumis à des pièges, des biais de raisonnement, mais également qu'ils sont en mesure de les contrôler en exerçant un effort cognitif supplémentaire.

#### 2.1.5. Le sommeil et les apprentissages

La Séquence 5 comprend 2 séances consacrées à l'importance du sommeil dans les apprentissages (Annexe 10, Séquence n°5). La semaine précédant cette séquence, les élèves doivent tenir un carnet de bord concernant leur sommeil. Ils doivent noter leurs heures de lever et de coucher ainsi que les activités réalisées avant leur endormissement. La première séance est dédiée à la compréhension des mécanismes qui sous-tendent le sommeil au regard de ce que l'on en sait aujourd'hui (Figure 18).

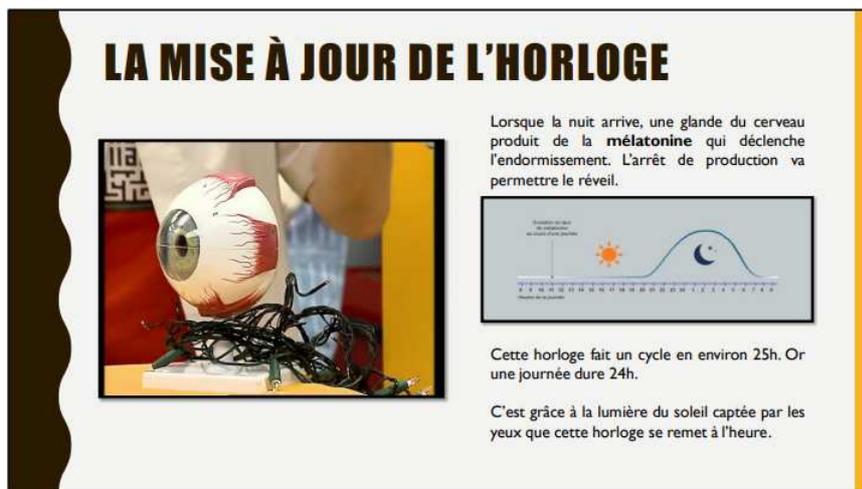


Figure 19 : Extrait de la séance 1 de la séquence 5 pour illustrer les mécanismes et fonctions du sommeil

La deuxième séance porte sur les répercussions au quotidien des perturbations du sommeil. L'accent est mis sur les effets néfastes d'une utilisation déraisonnée des écrans sur le sommeil et, en conséquence, sur les apprentissages scolaires (Figure 19). Cette thématique, plus théorique *a priori* que les autres, a été construite de façon à ce que les élèves soient acteurs dans la découverte de leur fonctionnement. En effet, ils sont placés en position de chercheurs formulant des hypothèses quant aux questions posées. Puis, ils doivent infirmer ou confirmer leurs hypothèses à l'aide de résultats scientifiques diffusés sous différents formats (graphiques, vidéos). Durant la séquence, les élèves sont régulièrement amenés à réfléchir et prendre conscience de leurs habitudes de vie en les comparant avec celles qui sont préconisées par les autorités de santé publiques.



Figure 18 : Extrait de la séance 2 de la séquence 5 pour illustrer l'impact des perturbations du sommeil dans la vie quotidienne et notamment sur la réussite scolaire

En résumé, l'ensemble des 5 séquences présentées (le cerveau, l'intelligence, l'apprentissage, les processus automatiques, le sommeil et les apprentissages) correspond au contenu du PPM diffusé aux élèves lors de leur année de 6<sup>ème</sup>. Nous allons maintenant nous attarder sur le contenu du PPM diffusé lors de leur année de 5<sup>ème</sup>.

## 2.2. Le Programme Pédagogique Métacognitif de la classe de 5<sup>ème</sup>

### 2.2.1. La mémoire

La Séquence 6 aborde la notion de mémoire au travers de 6 séances (Annexe 10, Séquence n°6). Elle a été conçue de sorte à faire le lien entre ce qui avait été enseigné en 6<sup>ème</sup> et ce qui serait abordé lors de la seconde année d'enseignement. Dans un premier temps, il est demandé aux élèves de noter tout ce dont ils se souviennent des séquences précédentes. Cette étape de bilan permet alors d'introduire la notion de mémoire. À l'aide d'une vidéo, une première distinction entre les différents types de mémoire à long terme est amorcée (procédurale, sémantique, et épisodique). La seconde séance s'attache à définir plus précisément la nature et le rôle de ces différents types de mémoire notamment en confrontant les élèves à des situations quotidiennes (e.g., vignette clinique d'une personne atteinte de la maladie d'Alzheimer ; Figure 20).



Figure 20 : Vignette clinique sur la maladie d'Alzheimer utilisée lors de la séance 2 de la séquence 6 pour illustrer la nature et le rôle des différents types de mémoire (procédurale, sémantique, et épisodique)

De la même manière, l'existence de différences interindividuelles quant à l'efficacité de ces différents types de mémoire est discutée. Une des hypothèses abordées expliquant ce phénomène concerne les conditions dans lesquelles se fait la mémorisation. Cela introduit la troisième séance qui porte sur la mémoire de travail. Elle est dédiée à la compréhension de ce qu'est la mémoire de travail, son rôle et ses limites à l'aide de différents exercices (e.g., rappel d'un numéro de téléphone, rappel de liste de mots). Le fonctionnement de la mémoire de travail selon le modèle de Baddeley (1986, 2000) est présenté et surtout expérimenté lors de la quatrième séance. Autrement dit, les élèves peuvent tester et prendre conscience de leurs propres capacités de mémoire de travail à travers différentes tâches (e.g., tâche d'empan verbal nominal endroit, tâche de pattern visuel, tâche d'addition sérielle ; Figure 21). La cinquième séance a pour but de faire réfléchir les élèves sur les stratégies à mettre en place pour pallier les limites de la mémoire de travail tout en réalisant des exercices de mémorisation. Enfin, la sixième séance fait le lien entre le trou de mémoire et les étapes de mémorisation. En partant de situations concrètes que peuvent vivre les élèves, il s'agit de les amener à comprendre les raisons de ces types d'échecs, et les moyens permettant de les éviter.

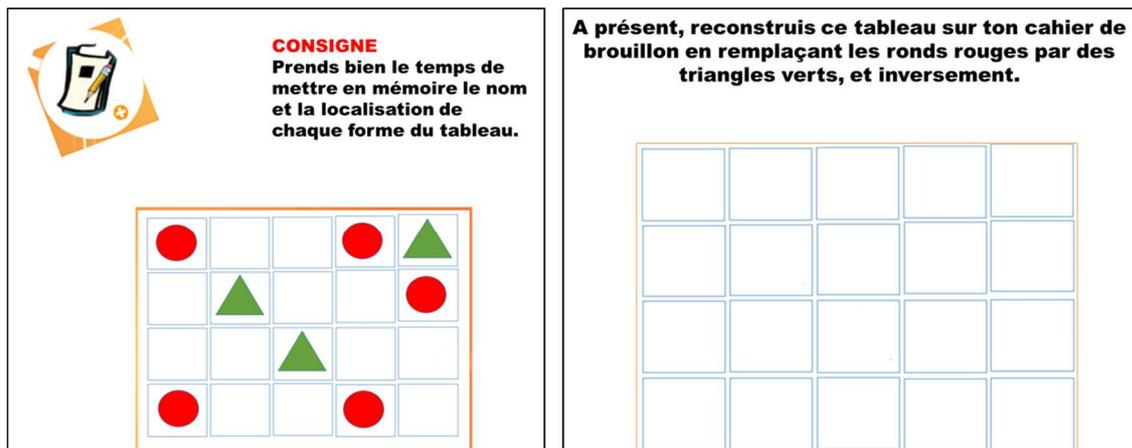


Figure 21 : Exemple d'exercice réalisé au cours de la séance 4 de la séquence 6 pour que les élèves puissent expérimenter leurs capacités de mémoire de travail

### 2.2.2. L'attention

La Séquence 7 porte sur la notion d'attention et se déroule sur 7 séances (Annexe 10, Séquence n°7). La première séance s'attache à définir ce qu'est l'attention et quelles en sont les limites par le biais d'exercices simples. La seconde séance porte sur l'expérimentation du caractère volontaire de l'attention. La troisième séance permet de faire comprendre aux élèves qu'il est possible de s'exercer et d'apprendre à diriger son attention vers certains

stimuli, notamment au travers des dessins de « La famille Oukilé » (Figure 22 ; Veillon, 2015). La quatrième séance est consacrée au caractère fondamental de l'attention dans la vie quotidienne et paradoxalement à la difficulté de la maintenir. La cinquième séance met l'accent sur la nécessité d'être vigilant et stratégique quant à la répartition des ressources attentionnelles mobilisées dans une tâche. Les sixième et septième séances invitent les élèves à prendre conscience qu'une tâche complexe et coûteuse sur le plan attentionnel peut être facilement réalisée en étant décomposée. L'ensemble de cette séquence repose sur la confrontation des élèves avec des situations quotidiennes et sur l'expérimentation de leurs capacités attentionnelles ainsi que de leurs faiblesses.



Figure 22 : Illustration des dessins de "La famille Oukilé" utilisé lors de la séance 3 de la séquence 7 pour apprendre aux élèves à diriger leur attention vers certains stimuli

### 2.2.3. Les fonctions exécutives

La Séquence 8 traite des fonctions exécutives sur 7 séances (Annexe 10, Séquence n°8). Les six premières séances s'articulent autour de jeux de société. La première permet de mettre en évidence en plus de l'attention, trois fonctions exécutives que sont l'inhibition, la planification, et la flexibilité. Chacune des trois séances suivantes est consacrée à l'exploration de chacune de ces fonctions exécutives au travers d'un jeu de société et de situations-problèmes scolaires. Il s'agit pour les élèves d'expérimenter consciemment et de manière ludique ces processus cognitifs d'ordre supérieur afin de les identifier. La seconde séance se concentre sur les capacités d'inhibition autour du jeu « *Bazar-Bizarre* ». La troisième séance permet d'investiguer les capacités de planification à l'aide de différents jeux de stratégies tels que « *Quorridor* », « *Les dames* », et « *Blokus* ». Les capacités de flexibilité sont testées lors de la quatrième séance grâce au « *Jungle Speed* » et au « *Dooble* ». Lors des cinquième et sixième séances, les élèves doivent repérer les fonctions exécutives les plus sollicitées dans trois ou quatre jeux de société différents. Ils doivent remplir une fiche pour chaque jeu testé, qui restera en leur possession (Figure 23). À l'aide de cette fiche, les élèves sont amenés à prendre conscience de leurs capacités dans chaque domaine, c'est-à-dire à énoncer leurs forces et leurs faiblesses mais aussi les stratégies sous-jacentes qu'ils déploient (efficaces ou non). Ces fiches servent de support à la synthèse que constitue la septième séance sur les différentes fonctions exécutives, leur rôle au quotidien et les stratégies à mettre en œuvre pour qu'elles soient efficaces.

	<b>Mon cerveau en jeu</b>		
Age :	Titre du jeu :		
But du jeu :			
Quelle fonction exécutive mon cerveau met-il en route en priorité dans ce jeu ?			
Est-ce que cela me semble facile ? Pourquoi ?		Est-ce que cela me semble difficile ? Pourquoi ?	

Figure 23 : Fiche de jeu utilisée lors des séances 5 et 6 de la séquence 8 pour que les élèves repèrent les fonctions exécutives prioritairement utilisées dans chaque jeu de société et les aider à prendre conscience de leur fonctionnement exécutif

#### 2.2.4. Le rôle de l'erreur

La Séquence 9 est consacrée à l'erreur sur 3 séances (Annexe 10, Séquence n°9). Elle reprend et fait suite à la séquence 4 sur les erreurs liées aux automatismes, introduite en première année. À la différence, la séquence 9 a été conçue dans une volonté de discuter plus en détails de la place de l'erreur dans les apprentissages. La première séance débute par un questionnaire de neuf questions relatives aux conceptions des élèves sur l'erreur (Annexe 10, Séquence n°9, séance n°1), que l'élève gardera en sa possession. Ensuite, il s'agit de mettre en lumière les sources possibles des erreurs commises par les élèves au travers de différentes situations scolaires. La seconde séance se centre sur la possibilité de ne pas faire d'erreur, ou tout du moins de corriger les erreurs commises en apprenant à contrôler ses activités cognitives, c'est-à-dire à être métacognitif. Enfin, la troisième séance s'emploie à dédramatiser l'erreur à l'école. Sur la base du questionnaire rempli relatif aux conceptions des élèves, d'erreurs historiques et de théories scientifiques, il est question d'entamer un débat et en confrontant les idées des élèves. L'objectif est de leur faire prendre conscience que l'erreur est normale et qui plus est, indispensable pour progresser, mais seulement sous certaines conditions. La séance se termine sur la nature de ces conditions et notamment sur les compétences métacognitives à déployer pour pouvoir tirer parti de l'erreur.

### 3. Protocole de recherche

#### 3.1. Participants

Deux établissements du département de la Manche ont été impliqués dans cette étude, le Collège Georges Desdevises du Désert à Lessay et le Collège Jean Grémillon à Saint-Clair-sur-l'Elle. Ces deux établissements ont été retenus parce qu'ils se situaient dans le même bassin économique, disposaient d'une capacité d'accueil comparable, et avaient mis en place la réforme du Collège de manière semblable. Plus précisément, ils présentaient la même organisation en termes de fréquence et de durée d'enseignements disciplinaires et d'enseignements complémentaires. Ces derniers étaient qualifiés d'Accompagnement Personnalisé (AP), consacrés à la reprise des fondamentaux et à de l'aide aux devoirs selon les besoins des élèves (auxquels se sont ajoutés des Enseignements Pratiques Interdisciplinaires<sup>38</sup>, destinés à approfondir des connaissances par la réalisation de projets).

---

<sup>38</sup> Décret n° 2015-372 du 31 mars 2015, Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse.

Au sein de ces établissements, 154 élèves de 6<sup>ème</sup> ont été sollicités. Soixante-dix d'entre eux étaient scolarisés au Collège Georges Desdevises du Désert à Lessay et ont bénéficié du Programme Pédagogique Métacognitif « Connaissance de soi » sur un créneau d'AP hebdomadaire durant deux années scolaires (dénommé ci-après groupe PPM). Le programme, imposé à tous par le chef d'établissement, a été dispensé par la conseillère principale d'éducation ainsi que 7 enseignants (français, mathématiques, éducation sportive et physique, anglais, science de la vie et de la terre, allemand). Il a débuté au mois de novembre 2017 et s'est arrêté au mois de mai 2019. Les 84 autres élèves étaient scolarisés au Collège Jean Grémillon à Saint-Clair-sur-l'Elle, et ont tous bénéficié d'AP sans jamais recevoir le PPM (dénommé ci-après groupe Contrôle). La participation des élèves au protocole d'évaluations était conditionnée par le recueil, au préalable, des autorisations parentales et du consentement de chaque élève. Ainsi, 120 élèves au total ont été autorisés à participer à l'intégralité du protocole dont 62 dans le groupe PPM et 58 dans le groupe Contrôle. Les élèves ne suivant pas une scolarisation classique (1 élève concerné dans le groupe PPM), ceux ayant quitté leur établissement pendant l'expérimentation (9 élèves concernés : 5 dans le groupe PPM, et 4 dans le groupe Contrôle) et ceux n'ayant pas réalisé l'intégralité des évaluations à tous les temps d'évaluation (23 élèves concernés : 10 dans le groupe PPM, et 13 dans le groupe Contrôle) ont dû être retirés de l'échantillon. Ainsi, notre échantillon final se compose de 87 élèves, dont 46 élèves dans le groupe PPM (21 filles ; âge moyen = 11 ans et 3 mois,  $sd = 3$  mois) et 41 élèves dans le groupe Contrôle (17 filles ; âge moyen = 11 ans et 2 mois,  $sd = 6$  mois).

Nous avons recueilli le niveau socio-économique des familles des élèves à l'aide de l'*Indice de Position Socio-Economique* (IPSE ; Genoud, 2011). L'IPSE est un questionnaire suisse à destination de l'un des deux parents d'une famille, qui permet de déterminer la position socio-économique vis-à-vis d'un groupe de référence (Annexe 11). Le questionnaire est relativement court et rapide à administrer puisqu'il se compose de quatre items. Le parent doit indiquer son âge, sa situation professionnelle actuelle, son niveau de formation, et sa catégorie socio-professionnelle. Dans le cas où (1) le parent est en recherche d'emploi, il doit indiquer le dernier emploi exercé, (2) le parent est père/mère au foyer, il doit indiquer la situation du conjoint. Ensuite, un score est obtenu à l'aide d'un calcul basé sur l'âge, le niveau de formation (NF) et la catégorie socio-professionnelle (CSP ;  $IPSE = \text{âge} - 6 \times NF - 4 \times CSP + 55$ ). Ce dernier permet de déterminer la position socio-économique de la famille

comparativement à la population de référence (Tableau 9). Par ailleurs, les études se basent généralement sur les informations relatives au père de famille pour estimer le niveau socio-économique des familles. Dans la présente étude, nous avons choisi de nous baser sur les informations relatives à la mère de l'élève dans la mesure où un certain nombre d'entre eux sont en situation de garde exclusive chez leur mère. Les élèves du groupe PPM étaient issus de la classe moyenne (IPSE :  $m = 55.4$ ,  $sd = 16.7$ ), tout comme les élèves du groupe Contrôle (IPSE :  $m = 57.5$ ,  $sd = 14.4$ ).

Tableau 9 : Position socio-économique relative (adapté de Genoud, 2011)

Indice	Position socio-économique	Pourcentage de la population
1 - 35	Classe inférieure	20.2 %
36 - 54	Classe moyenne-inférieure	20.0 %
55 - 67	Classe moyenne	19.6 %
68 - 80	Classe moyenne-supérieure	20.9 %
> 80	Classe supérieure	19.3 %

Afin de déterminer si des différences existaient entre nos deux groupes, nous avons réalisé un test de Welch pour la variable *Âge* (l'égalité des variances n'étant pas respectée), un test du Chi<sup>2</sup> pour la variable *Sexe*, et enfin un test de Student pour la variable *Indice de Position Socio-Economique (IPSE)*. Pour cette dernière analyse, un élève du groupe Contrôle a été retiré dans la mesure où il était placé en famille d'accueil. Les deux groupes ne différaient pas en âge ( $p > .05$ ), en sexe ( $p > .05$ ), en niveau socio-économique ( $p > .05$ ) et tous les participants étaient de langue maternelle française (Tableau 10).

Tableau 10 : Caractéristiques sociodémographiques des enfants en fonction du groupe

	Groupe PPM	Groupe Contrôle	Statistiques
Nombre d'élèves	46	41	-
Âge en mois m (sd)	135 (3.1)	135 (6.1)	$t_{\text{Student}}(85) = -0.79 ; p = 0.43$ $t_{\text{Welch}}(58.3) = -0.76 ; p = 0.45$
Sexe N fille (% fille)	21 (44.7 %)	17 (39.1 %)	$\chi^2(1) = 0.15 ; p = 0.69$
IPSE m (sd)	55.4 (16.7)	57.5 (14.4)	$t_{\text{Student}}(85) = 0.63 ; p = 0.53$

### 3.2. Déroulé de l'expérimentation

Nous avons opté pour le suivi longitudinal de notre échantillon de collégiens, de leur entrée en 6<sup>ème</sup> jusqu'à la fin de leur année de 4<sup>ème</sup>, qui ont bénéficié ou non pendant leurs années de 6<sup>ème</sup> et de 5<sup>ème</sup> d'une séance hebdomadaire du PPM (Figure 24). Nous avons planifié de les évaluer avant la mise en œuvre des créneaux d'AP (pré-test, en octobre 2017, entrée en 6<sup>ème</sup>) puis à 3 reprises. Une évaluation à mi-parcours a été planifiée afin d'explorer les effets du PPM en fonction de l'année d'enseignement et éventuellement révéler un effet de contenu, sans hypothèse *a priori* (évaluation mi-parcours, après une année d'enseignement en juin 2017, en fin de 6<sup>ème</sup>). Pour dégager d'éventuels effets du PPM, deux post-tests ont été planifiés, un post-test immédiat (après les 2 années d'enseignement en juin 2018, en fin de 5<sup>ème</sup>) et un post-test différé d'une année (en juin 2020, en fin de 4<sup>ème</sup>). Toutefois, le post-test différé n'a pu se tenir, ni être reporté, en raison de la crise sanitaire COVID-19.

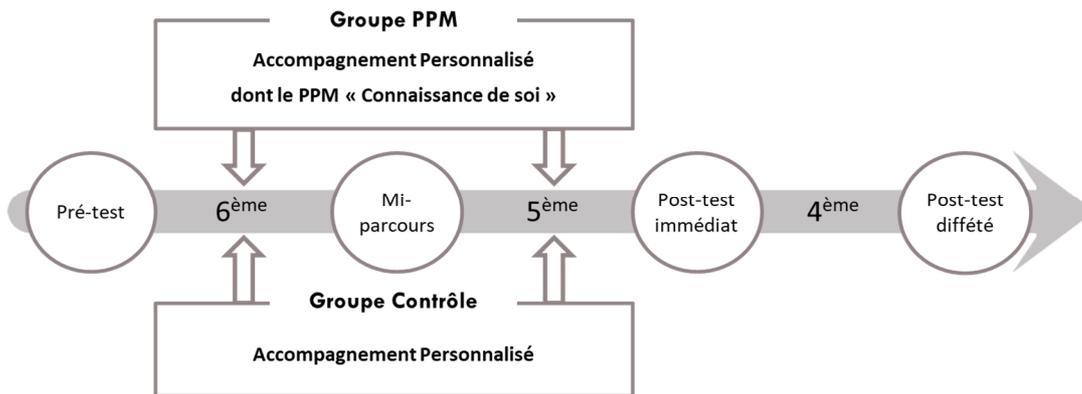


Figure 24 : Représentation chronologique du déroulement de l'expérimentation pour les deux groupes

L'objectif du pré-test était de déterminer le niveau initial des élèves sur trois dimensions : les connaissances sur le fonctionnement cérébral et cognitif, l'efficacité de plusieurs processus psychologiques impliqués dans les apprentissages scolaires, ainsi que les performances scolaires en français et en mathématiques. Les deux premières ont été prises en charge par des psychologues, tandis que les élèves ont été évalués sur le plan scolaire par les enseignants inclus dans le protocole de recherche. Tous les temps d'évaluations (pré-test, évaluation mi-parcours, et post-test immédiat) se sont déroulées de manière identique (Tableau 11).

Tableau 11 : Chronologie des évaluations

Temps d'évaluation	Type d'évaluation	Dates pour le groupe PPM	Dates pour le groupe Contrôle
<b>Pré-test</b>	Evaluation psychologique	Du 9 au 13 octobre 2017	Du 16 au 20 octobre 2017
	Evaluation scolaire	Du 16 au 20 octobre 2017	Du 9 au 13 octobre 2017
<b>Évaluation mi-parcours</b>	Evaluation psychologique	Du 11 au 15 juin 2018	Du 18 au 22 juin 2019
	Evaluation scolaire	Du 18 au 22 juin 2019	Du 11 au 15 juin 2018
<b>Post-test immédiat</b>	Evaluation psychologique	Du 3 au 7 juin 2019	Du 11 au 18 juin 2019
	Evaluation scolaire	Du 11 au 18 juin 2019	Du 3 au 7 juin 2019
<b>Post-test différé</b> <b>Non réalisé</b>	<i>Evaluation psychologique</i>	<i>Du 9 au 13 octobre 2017</i>	<i>Du 16 au 20 octobre 2017</i>
	<i>Evaluation scolaire</i>	<i>Du 16 au 20 octobre 2017</i>	<i>Du 9 au 13 octobre 2017</i>

L'évaluation psychologique se déroulait durant une semaine durant laquelle cinq psychologues (dont moi-même) étaient présents dans l'établissement afin que chaque enfant puisse être reçu à deux reprises dans la semaine pendant 45 minutes et par le/la même psychologue. Chaque psychologue disposait d'une pièce différente avec un bureau pour les entretiens, et ce, dans chaque établissement. Le premier entretien commençait par le recueil du consentement éclairé de l'élève, nécessaire en complément de l'autorisation parentale (voir Code de déontologie des psychologues ; AEPu et al., 2012, révisé depuis, en juin 2021). Le psychologue questionnait et échangeait avec l'élève sur la nature et le but de l'étude de manière générale et plus particulièrement de l'évaluation qui allait suivre. Il était précisé à l'élève que les informations récoltées resteraient confidentielles et qu'il pouvait se retirer du dispositif à tout moment de l'étude s'il le souhaitait. Si l'élève acceptait de participer, alors sa signature était recueillie sur la fiche élève (Annexe 12). Dans le cas où l'élève manifestait un refus de participer, l'évaluation n'avait pas lieu (2 élèves concernés : un dans chaque groupe). L'entretien se poursuivait avec la présentation à l'élève d'une sélection des items du questionnaire sur les neuromythes conçu par Dekker et al. (2012), révisé par Ferrero et al. (2016), qui nous renseignait sur les connaissances de l'élève quant

au fonctionnement cérébral et cognitif. Venait ensuite l'évaluation psychologique qui comprenait une évaluation des capacités mnésiques et attentionnelles (*Children Memory Scale* ; Cohen, 1997, 2001), des capacités intellectuelles (le subtest Matrices du Wechsler Intelligence Scale for Children V ; Wechsler, 2014), et du sentiment d'auto-efficacité (*General Self-Efficacy Scale* ; Dumont et al., 2000; Schwarzer & Jerusalem, 1995). Une première partie de cette évaluation se déroulait lors du premier entretien, et le reste lors du second entretien. Toutefois, l'un des deux entretiens était systématiquement consacrée à la passation de la *Children Memory Scale*, sauf le subtest « Mémoire des chiffres » qui était passé lors de l'autre entretien. L'ordre de passation des épreuves employées a été contrebalancé (Annexe 13). À la fin du premier entretien, un questionnaire était remis sous enveloppe fermée à l'élève à destination de ses parents ou tuteurs légaux, qu'il devait rapporter lors du second entretien. Ce questionnaire avait pour but d'apprécier le fonctionnement exécutif et métacognitif des élèves (*Behavior Rating Inventory of Executive Function* ; Gioia et al., 2000; Roy et al., 2013).

Une autre semaine était consacrée à l'évaluation scolaire réalisée par les enseignants. Elle comprenait deux épreuves de performances scolaires en français et en mathématiques (Annexes 21 à 24), détaillées ci-après dans la sous-partie Matériel. Ces évaluations, développées par le Centre Académique de Recherche-Développement en Innovation-Expérimentation (CARDIE) de Normandie, ont été réalisées en classe, en collectif. Les évaluations se sont déroulées sur quatre créneaux de 45 minutes (deux créneaux pour l'évaluation des performances en français, et deux pour l'évaluation des performances en mathématiques).

### 3.3. Matériel

#### 3.3.1. L'évaluation psychologique

Le choix des épreuves psychologiques résulte d'un compromis entre les contraintes temporelles imposées par les établissements pour les évaluations et les hypothèses que nous souhaitons éprouver. Elles ont été sélectionnées pendant l'été 2017, avant le début de l'expérimentation, et n'ont pas été modifiées durant l'expérimentation afin de pouvoir comparer les performances des élèves dans le temps. Nous présenterons l'épreuve retenue pour évaluer les connaissances sur le fonctionnement cérébral et cognitif, puis les capacités métacognitives. Nous détaillerons également l'épreuve qui mesure le sentiment d'auto-

efficacité et qui nous a permis de calculer un score d'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires, ainsi que les trois épreuves qui nous ont permis de construire un indice cognitif pour appréhender le développement cognitif des élèves. La première épreuve mesure les capacités mnésiques, attentionnelles, et d'apprentissage des élèves en contexte scolaire. La seconde épreuve permet d'apprécier l'intelligence des élèves, et la troisième évalue les capacités exécutives des élèves. Nous sommes toutefois conscients que le développement cognitif d'un élève ne peut se résumer à ces seuls indicateurs.

#### 3.3.1.1. Les connaissances sur le fonctionnement cérébral et cognitif

Afin d'évaluer les effets du PPM sur les connaissances qu'ont les élèves du fonctionnement cérébral et cognitif, nous nous sommes basés sur le questionnaire des neuromythes de Dekker et al. (2012), révisé par Ferrero et al. (2016). Ce questionnaire a pour but d'investiguer les connaissances générales des sujets sur le cerveau ainsi que leur degré d'adhésion à des conceptions erronées bien que majoritairement acceptées, aussi appelées « neuromythes ». Il est généralement employé pour explorer les conceptions des enseignants, mais nous avons choisi de l'utiliser avec des élèves, considérant qu'ils peuvent être tout autant impactés par ces conceptions erronées. Ce questionnaire est relativement long puisqu'il se compose de 31 items dont 19 correspondent à des connaissances générales et 12 à des neuromythes. Afin de nous adapter aux contraintes temporelles qui étaient les nôtres, nous avons dû réaliser une sélection des items proposés (Annexe 14). Huit items ont été retenus dont 4 connaissances générales (2 vraies et 2 fausses) et 4 neuromythes (nécessairement faux dans la mesure où ils correspondent, par définition, à des conceptions erronées).

Les quatre connaissances générales sélectionnées sont les suivantes :

- « Les garçons ont des cerveaux plus gros que les filles » (Vrai)
- « Le développement humain implique la naissance et la mort de cellules cérébrales » (Vrai)
- « Le cerveau des garçons et des filles se développent au même rythme » (Faux)
- « Lorsque nous dormons notre cerveau s'arrête » (Faux)

Les quatre neuromythes sélectionnés sont les suivants :

- « Si les élèves ne boivent pas des quantités suffisantes d'eau (6-8 verres par jour) leurs cerveaux rétrécissent »
- « Nous n'utilisons que 10% de notre cerveau »
- « Il existe des périodes critiques dans l'enfance après lesquelles certaines choses ne peuvent plus être apprises »
- « Les enfants sont moins attentifs après la consommation de boissons sucrées et/ou de collations »

Nous avons opté pour une cotation binaire reflétant la qualité de la réponse de l'élève pour chaque item, 1 pour une réponse correcte (connaissance générale vraie considérée comme vraie, ou fausse considérée comme fausse, et neuromythe considéré comme faux), 0 pour une réponse erronée (toute autre combinaison de réponse). La somme des scores pour chaque type d'items (connaissance générale et neuromythe) a ensuite été calculée (comprise entre 0 et 4), puis transformée en pourcentage. Chaque élève obtient donc deux scores de pourcentage à ce questionnaire : un score de connaissances générales sur le cerveau et un score de neuromythes. De cette manière, plus le score est élevé, plus l'élève présente des connaissances exactes et/ou une faible adhésion aux neuromythes, et inversement.

#### 3.3.1.2. Les capacités métacognitives

Le *Behavior Rating Inventory Executive Function* (BRIEF ; Gioia et al., 2000), adapté et validé en français par Roy et al. (2013), est un hétéro-questionnaire à destination des parents et/ou des enseignants, qui évalue le fonctionnement exécutif et permet de calculer un Indice de Métacognition (IM) chez des enfants et adolescents âgés de 5 à 18 ans à partir de leurs comportements au quotidien (Annexe 15). Nous souhaitons utiliser les versions Parent et Enseignant du questionnaire, mais seule la version Parent a été retenue et ce, pour deux raisons. D'une part, les enseignants ne connaissaient pas les élèves à l'entrée en 6<sup>ème</sup>, ce qui ne leur permettait pas de répondre au questionnaire au pré-test. D'autre part, les enseignants y étaient plutôt réticents en raison de la charge de travail supplémentaire que cela engendrait. La description qui suit ne concernera donc que la version Parent de la BRIEF. Elle se compose de 86 items parmi lesquels 44 permettent d'obtenir l'indice de métacognition. Chaque item correspond à une affirmation qui représente un comportement potentiel de l'enfant/l'adolescent (e.g., « A des difficultés pour commencer ses devoirs, ses

tâches de la vie quotidienne » ou « Voit mal ce que sont ses points forts et ses points faibles »). Le parent doit indiquer la fréquence d'apparition (jamais, parfois, souvent) de ce comportement chez l'enfant/l'adolescent. Chaque item est ensuite coté de 1 à 3 (jamais = 1 ; parfois = 2 ; souvent = 3). Les items sont regroupés en cinq échelles (Initiation, Organisation matérielle, Mémoire de travail, Planification/Organisation, Contrôle). Le score de l'enfant/l'adolescent à l'IM correspond à la somme des scores des items qui composent les cinq échelles, et peut ainsi varier de 44 à 132. Cet indice présente la particularité d'être inversé, ce qui signifie qu'un score élevé reflète de faibles capacités métacognitives et inversement, un score faible représente des capacités métacognitives élevées.

#### 3.3.1.3. Le sentiment d'auto-efficacité

La *General Self-Efficacy Scale* (GSES ; Schwarzer & Jerusalem, 1995), adaptée en français par Dumont et al. (2000), évalue la perception que les personnes, dès l'âge de 12 ans, ont de leur propre capacité à réagir à des situations nouvelles ou difficiles, et à faire face aux obstacles de manière générale (Annexe 16). Cette échelle est générale, c'est-à-dire qu'elle n'est pas spécifique au domaine scolaire. Toutefois, nous avons choisi de contextualiser et d'illustrer chaque item avec les élèves par des exemples relatifs au domaine scolaire. L'échelle se compose de dix items qui correspondent chacun à une affirmation (*e.g.*, « J'arrive toujours à résoudre mes difficultés si j'essaie vraiment »). La personne doit indiquer dans quelle mesure cette affirmation s'applique à elle à l'aide d'une échelle de Likert en quatre points (1/ Pas du tout vrai ; 2/ À peine vrai ; 3/ Moyennement vrai ; 4/ Totalelement vrai). Les réponses sont donc cotées de 1 à 4, tel que 4 correspond à une capacité perçue élevée. Dans notre étude, le psychologue présentait l'échelle de Likert à l'élève et s'assurait qu'il comprenait comment l'utiliser à l'aide de deux phrases exemples. Dans un second temps, l'élève était invité à lire les dix énoncés et à donner sa réponse. Il pouvait solliciter le psychologue à tout moment s'il rencontrait des problèmes de compréhension ou des interrogations. En retour, le psychologue s'assurait également que l'élève avait compris les énoncés et que sa réponse était éclairée. Le score de Sentiment d'auto-efficacité correspond à la somme des scores aux dix items, comprise entre 10 et 40. Plus le score est élevé, plus la personne se sent capable de gérer des situations. À l'inverse, plus ce score est faible, plus la personne se sent incapable de faire face à des événements.

#### 3.3.1.4. Les capacités mnésiques, attentionnelles et d'apprentissage

La *Children Scale Memory* (CMS), adaptée et validée en français par Cohen (1997), est une batterie d'évaluation de la mémoire pour enfants/adolescents. Elle permet d'évaluer les capacités mnésiques dans les domaines auditif-verbal et visuel-non verbal, les capacités attentionnelles et d'apprentissage d'enfants âgés entre 5 et 16 ans (Annexe 17). Elle se compose de six subtests principaux (Localisation de points, Reconnaissance de visages, Histoires, Mots couplés, Séquence et Mémoire des chiffres) et de trois subtests optionnels (Scènes de famille, Liste de mots, Localisation d'images). Seuls les subtests principaux permettent d'évaluer chaque domaine et de calculer les indices correspondants, c'est pourquoi nous n'avons administré que les subtests principaux. Au total, le croisement des notes aux six subtests permet de déterminer nos trois indices d'intérêt (l'indice de mémoire générale, l'indice d'attention, et l'indice d'apprentissage). Plus un indice est élevé, plus l'enfant/l'adolescent dispose de bonnes capacités.

L'évaluation du domaine visuel se fait au travers des subtests « Localisation de points » et « Reconnaissance de visage ». Pour le premier subtest, une grille de réponse est placée devant l'enfant/l'adolescent ainsi que le nombre de jetons adéquat. Puis, une grille est présentée à l'enfant/l'adolescent sur laquelle sont disposés 8 points bleus. Après cinq secondes de présentation, l'enfant/l'adolescent doit mettre les jetons dont il dispose sur la grille de réponse tels que les points bleus étaient placés dans la grille présentée (Figure 25). Le psychologue note l'emplacement des jetons. La procédure est répétée deux fois avec la même grille. L'enfant/l'adolescent doit donc mémoriser l'emplacement des points sur la

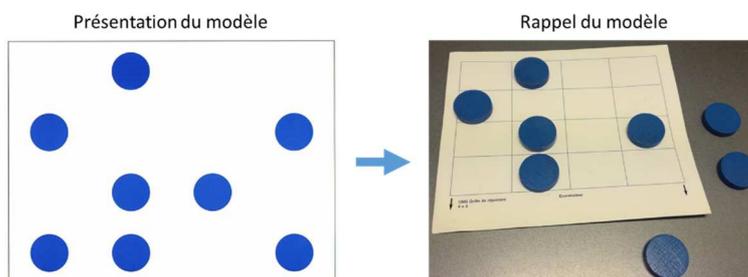


Figure 25 : Illustration du subtest « Localisation de points » de la CMS

grille en trois essais (Apprentissage). Ensuite, une nouvelle grille (élément distracteur) avec des points rouges est présentée, la même consigne est donnée à l'enfant/l'adolescent. Suite à cela, on lui demande de se souvenir de la première grille présentée à trois reprises et de placer les jetons sur la grille de réponse exactement comme les points étaient placés dans la grille présentée (Rappel immédiat). L'enfant/l'adolescent est alors prévenu qu'il doit se souvenir de l'emplacement

des points bleus car il sera de nouveau interrogé plus tard (environ 25 minutes ; Rappel différé). Pour le subtest « Reconnaissance de visages », une première série de 16 visages est présentée à l'enfant/l'adolescent dont il doit se souvenir. Une seconde série de 48 visages lui est ensuite montrée, qui doit dire s'il a déjà vu chaque visage dans la première série ou non (Rappel immédiat). Pour terminer, l'enfant/l'adolescent est de nouveau averti qu'il doit se souvenir de la première série de visages qu'il a vu car il devra les retrouver dans une autre série de visage qui lui sera présentée après (environ 25 minutes ; Rappel différé). L'addition des notes d'Apprentissage et de Rappel immédiat du subtest « Localisation de points » et de la note Rappel immédiat du subtest « Reconnaissance de visages » forme l'indice de mémoire visuelle immédiate. L'addition des deux notes de Rappel différé constitue l'indice de mémoire visuelle différée.

Le domaine verbal est évalué grâce aux subtests « Histoires » et « Mots couplés ». Pour le subtest « Histoire », le psychologue donne la consigne et lit deux histoires à l'enfant/l'adolescent. Le subtest comprend plusieurs paires d'histoires qui sont différentes et de plus en plus complexes en fonction de l'âge de l'enfant/l'adolescent (Histoires A et B pour les 5-8 ans, Histoires C et D pour les 9-12 ans, et Histoires E et F pour les 13-16 ans). Nous aurions dû présenter les histoires E et F pour les adolescents âgés de plus de 13 ans, mais au regard des difficultés existantes pour ces adolescents avec les histoires C et D, nous avons choisi de ne pas les mettre plus en difficulté et de leur présenter les Histoires C et D malgré leur âge. Immédiatement après chaque lecture, l'enfant/l'adolescent doit rappeler l'histoire exactement comme elle lui a été lue. Il est noté sur la précision de son rappel (Rappel immédiat). Ensuite, le psychologue invite l'enfant/l'adolescent à se souvenir de ces deux histoires car il sera à nouveau amené à les restituer par la suite (environ 25 minutes ; Rappel différé). Après le rappel différé, des questions sont posées à l'enfant/l'adolescent sur ces histoires, auxquelles il doit répondre par oui ou non (Reconnaissance différée). Pour le subtest « Mots couplés », le psychologue lit une liste de paires de mots (14 paires) à l'enfant/l'adolescent. Puis, le psychologue répète le premier mot de chaque paire et l'enfant/l'adolescent doit dire le second mot de la paire (Figure 26). La procédure est répétée deux autres fois avec la même liste de paires de mots mais énoncée dans un ordre différent. L'enfant/l'adolescent doit donc mémoriser la liste de paires de mots en trois essais (Apprentissage). Après ces trois essais, le psychologue lui demande de rappeler le plus de paires de mots dont il se souvient (Rappel immédiat). Le psychologue lui donne alors la

consigne de se souvenir de cette liste car il devra la rappeler plus tard (environ 25 minutes ; Rappel différé). Suite à ce rappel différé, le psychologue énonce une autre liste de mots, et pour chaque paire de mots, l'enfant/l'adolescent doit dire si c'est une paire déjà

Liste D	Essai 1 / Réponse	Note 0 ou 1
bébé-bouteille	arbre (école)	
sœur-feu	vent (kilo)	
cuit-dur	mois (jour)	
arbre-école	voir (magie)	
ballon-crayon	proche (dessin)	
mois-jour	doux (croire)	
voir-magie	ballon (crayon)	
pomme-nuage	cuit (dur)	
vent-kilo	ville (médaille)	
proche-dessin	riz (chaise)	
ville-médaille	sœur (feu)	
riz-chaise	force (brume)	
force-brume	pomme (nuage)	
doux-croire	bébé (bouteille)	

Figure 26 : Illustration du subtest « Mots couplés » de la CMS

apprise ou une nouvelle paire (Reconnaissance différée). L'addition de la note de Rappel immédiat du subtest « Histoires » et des notes d'Apprentissage et de Rappel immédiat du subtest « Mots couplés » forme l'indice de mémoire verbale immédiate. L'addition des notes de Rappel différé des deux subtests constitue l'indice de mémoire verbale différée.

L'association des différents subtests décrits ci-dessus permettent de calculer deux indices d'intérêt que sont l'indice de mémoire générale, et l'indice d'apprentissage. L'indice de mémoire générale, qui représente les capacités mnésiques générales de l'enfant/l'adolescent, est constitué sur la base des deux indices de mémoire visuelle (immédiate et différée) et des deux de mémoire verbale (immédiate et différée). L'indice d'apprentissage est formé par l'addition des notes d'Apprentissage des subtests « Localisation de points » et « Mots couplés ».

Enfin, les capacités attentionnelles sont évaluées à partir des subtests « Mémoire des chiffres » et « Séquences ». Le premier subtest se décompose en deux parties. Dans un premier temps, le psychologue lit des séquences de chiffres (allant de deux à neuf chiffres), et l'enfant/l'adolescent doit répéter la séquence immédiatement après la lecture. Dans un second temps, le psychologue lit toujours des séquences de chiffres, mais l'enfant/l'adolescent doit répéter la séquence dans le sens inverse, dès que la lecture est terminée. Le nombre de séquences réussies aux deux parties correspond à la note totale au subtest. Dans le second subtest « Séquences », le psychologue demande à l'enfant/l'adolescent de réciter le plus vite possible (épreuve chronométrée) certaines connaissances normalement acquises. Certains items nécessitent, en plus de la récupération en mémoire, une manipulation mentale des informations. Par exemple, le psychologue

demande à l'enfant/l'adolescent de compter de 1 à 10, de réciter l'alphabet, de réciter les mois de l'année, de compter à rebours de dix à un, et pour finir de réciter de façon alternée l'alphabet et les chiffres (Figure 27). La performance de l'enfant/l'adolescent à ce subtest

Lettres/ Nombres	12. A1 B2 C3 D4 E5 F6 G7 H8 I9 J10 K11 L12 M13 N14	3+	0	99+''	70-98''	51-69''	1-50''	
	O15 P16 Q17 R18 S19 T20 U21 V22 W23 X24 Y25 Z26	2	1	1	2	3	4	
		1	2					
		0	3					

Figure 27 : Illustration du subtest « Séquences » de la CMS

dépend du temps qu'il a mis pour réaliser chaque item et du nombre d'erreurs commises. L'addition des notes à ces deux subtests forme l'indice d'attention. Cet indice ainsi que les deux précédemment décrits sont présentés dans le Tableau 12, ci-dessous.

Tableau 12 : Récapitulatif des notes aux subtests permettant de former nos indices d'intérêt (de Mémoire générale, d'attention, et d'apprentissage)

Subtest \ Indice	Mémoire générale	Attention	Apprentissage
<b>Localisation de points</b>			
Apprentissage			X
Note totale	X		
Rappel différé	X		
<b>Histoires</b>			
Rappel immédiat	X		
Rappel différé	X		
<b>Reconnaissance de visages</b>			
Rappel immédiat	X		
Rappel différé	X		
<b>Mots couplés</b>			
Apprentissage			X
Note totale	X		
Rappel différé	X		
<b>Mémoire des chiffres</b>			
Note totale		X	
<b>Séquences</b>			
Note totale		X	

La modification opérée pour le subtest « Histoire » ne nous a pas permis de calculer l'indice de mémoire générale par l'intermédiaire des notes standard afin de pouvoir comparer les performances des élèves obtenues au pré-test avec celles attendues à leur âge. Nous aurions pu nous contenter d'une simple addition des notes brutes, mais chaque note n'aurait pas eu le même poids dans le score d'indice final. Afin de pallier cette difficulté, nous avons transformé les différentes notes brutes obtenues aux différents subtests, au pré-test, en z-score, puis nous avons fait la moyenne des z-scores des subtests concernés pour former l'indice de mémoire générale. Par souci d'homogénéité, nous avons appliqué cette procédure pour nos deux autres indices d'intérêt (indice d'attention, et indice d'apprentissage).

#### 3.3.1.5. L'intelligence

Le subtest Matrices issu de la cinquième version du *Wechsler Intelligence Scale for Children* (WISC-V ; Wechsler, 2014) permet d'évaluer l'intelligence fluide sur un versant visuo-spatial, d'enfants âgés entre 6 et 16 ans (Annexe 18). Le principe de cette épreuve est de compléter une série d'images selon un principe logique (Figure 28). Le psychologue commence par présenter un premier exemple à l'enfant/l'adolescent. Il s'agit d'une première

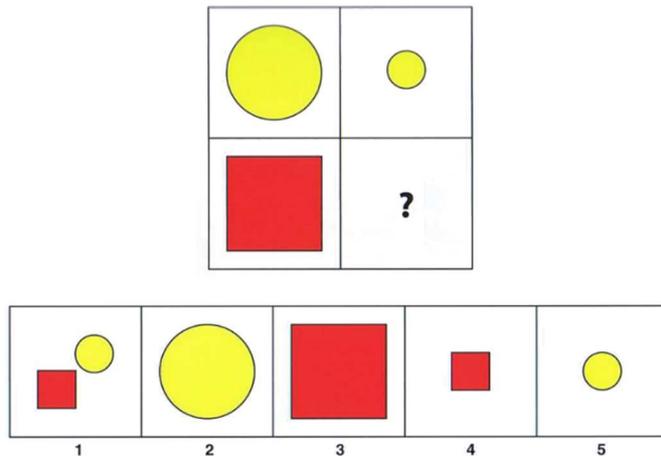


Figure 28 : Illustration du subtest Matrices issu du WISC-V

séquence d'image (images présentées en tableau). Le psychologue lui demande quelle image (parmi celles qui sont proposées) vient compléter la séquence. L'enfant/l'adolescent doit choisir une réponse. Le second exemple lui est ensuite présenté, il s'agit d'une série (images présentées en ligne). Après que l'enfant/l'adolescent se soit familiarisé avec le matériel et la

consigne, les items sont présentés un à un. L'épreuve se compose de trente-deux items dont la difficulté est croissante. Elle s'arrête quand l'enfant/l'adolescent fait trois erreurs consécutives. Pour chaque item réussi, l'enfant/l'adolescent obtient un point. La performance globale de l'enfant/l'adolescent se traduit par un score d'intelligence correspond à la somme des items réussis, comprise entre 0 et 32.

#### 3.3.1.6. Les capacités exécutives

Le *Behavior Rating Inventory Executive Function* (BRIEF ; Gioia et al., 2000), adapté et validé en français par Roy et al. (2013), qui évalue le fonctionnement exécutif a également été utilisé pour apprécier les capacités de régulation comportementale d'enfants et d'adolescents âgés de 5 à 18 ans à partir de leurs comportements au quotidien (Annexe 15). Comme indiqué précédemment, seule la version Parent a pu être utilisée. Le questionnaire se compose de 86 items parmi lesquels 28 permettent de calculer l'Indice de Régulation Comportementale (IRC). Chaque item correspond à une affirmation qui représente un comportement potentiel de l'enfant/l'adolescent (*e.g.*, « Coupe la parole aux autres » ou « Ne sait pas s'arrêter »). Le parent doit indiquer la fréquence d'apparition (jamais, parfois, souvent) de ce comportement chez l'enfant/l'adolescent. Chaque item est ensuite coté de 1 à 3 (jamais = 1 ; parfois = 2 ; souvent = 3). Les items sont regroupés en trois échelles (Inhibition, Flexibilité, Contrôle émotionnel). Le score de l'enfant/l'adolescent correspond à la somme des scores des items qui compose les trois échelles, et peut ainsi varier de 28 à 84. L'IRC présente la particularité d'être inversé, ce qui signifie qu'un score élevé reflète de faibles capacités de régulation comportementales et inversement, un faible score représente de bonnes capacités de régulation comportementales.

#### 3.3.2. L'évaluation scolaire

Afin de déterminer les bénéfices du PPM sur la réussite scolaire des élèves, nous avons choisi d'évaluer leurs performances en français et en mathématiques qui, comme nous l'avons vu dans le Chapitre 1, représentent des compétences de base fondamentales (Direction générale de l'éducation et de la culture, 2000 ; Dos Santos & Rakocevic, 2012). Pour chaque discipline, des évaluations différentes ont été utilisées en fonction du niveau scolaire des élèves. Nous n'avons pas été autorisés à diffuser le contenu des évaluations mais nous proposons d'en présenter quelques extraits.

##### 3.3.2.1. L'évaluation en français

Les différentes évaluations utilisées permettent d'évaluer les performances scolaires des élèves de niveau 6<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> en français au travers de plusieurs disciplines (français, histoire-géographie, sciences de la vie et de la terre, mathématiques ; Extraits en Annexes 19 et 20). Plusieurs sous-domaines qui composent la maîtrise de la langue étaient mis en jeu tels que la déduction d'informations implicites à partir d'indices, l'identification de la cohérence

énonciative et/ou d'une chronologie, le prélèvement d'informations (Figure 29). Les enseignants respectifs des deux établissements ont procédé à la passation de l'évaluation à chaque temps d'évaluation. Ils disposaient tous des mêmes consignes au préalable pour que les évaluations soient les plus uniformes possibles. Les évaluations étaient respectivement composées de 39 items en 6<sup>ème</sup> et de 54 items en 5<sup>ème</sup>, répartis sur plusieurs exercices. Selon les items, il s'agissait pour l'élève de cocher la bonne réponse, de compléter une phrase ou encore de répondre à une question. Les items ont été cotés 1 lorsque la réponse de l'élève était exacte et exhaustive, ou 0 lorsque sa réponse était inexacte ou inexistante. De cette manière, plus un élève comptabilise d'items cotés 1, plus sa performance est élevée.

<p><b>En une heure, vous consommez...</b></p> <p><b>...environ 15 litres d'oxygène si vous restez allongé sur votre lit, au repos.</b> <i>(votre rythme respiratoire sera d'environ 10 mouvements respiratoires*par minute)...</i></p> <p><b>...et environ 150 litres d'oxygène pendant un effort physique intense.</b> <i>(votre rythme passera alors à 61 mouvements respiratoires par minute).</i></p> <p>* Un mouvement respiratoire comporte une inspiration suivie d'une expiration.</p>
Le nombre de mouvements respiratoires par minute au repos : _____
Le nombre de litres d'oxygène consommés pendant un effort physique intense : _____

Figure 29 : Extrait de l'évaluation en français de niveau 6<sup>ème</sup>

### 3.3.2.2. L'évaluation en mathématiques

Les différentes évaluations utilisées permettent d'évaluer les performances scolaires des élèves de niveau 6<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> en mathématiques (Extraits en Annexes 21 et 22). Plusieurs sous-domaines étaient mis en jeu tels que la mobilisation de la compréhension du nombre, la mobilisation des opérations pour résoudre les problèmes, la modélisation, le raisonnement (Figure 30). Les enseignants respectifs des deux établissements ont procédé à la passation de l'évaluation à chaque temps d'évaluation. Ils disposaient tous des mêmes consignes au préalable pour que les évaluations soient les plus uniformes possibles. Les évaluations étaient respectivement composées de 37 items en 6<sup>ème</sup> et de 42 items en 5<sup>ème</sup>, répartis en divers exercices. Selon les items, il s'agissait pour l'élève de cocher la bonne réponse, d'écrire le résultat d'une opération ou encore d'expliquer un raisonnement mathématique. Les items ont été cotés 1 lorsque la réponse de l'élève était exacte et exhaustive, ou 0 lorsque

sa réponse était inexacte ou inexistante. De cette manière, plus un élève comptabilise d'items cotés 1, plus sa performance est élevée.

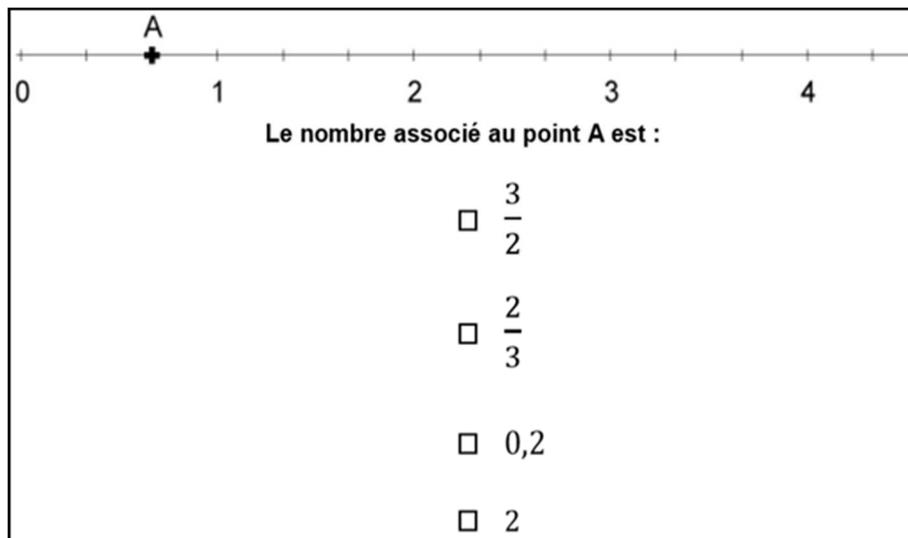


Figure 30 : Extraits de l'évaluation en mathématiques de niveau 6<sup>ème</sup>

#### 3.4. Hypothèses opérationnelles

Dans la mesure où le PPM a été élaboré pour transmettre aux élèves des connaissances théoriques sur le fonctionnement cérébral et cognitif, nous nous attendons à un effet du PPM sur les connaissances et conceptions des élèves sur le cerveau. Ainsi, nous formulons l'hypothèse que les élèves du groupe PPM présenteront significativement de meilleures connaissances générales sur le cerveau et une plus faible adhésion aux neuromythes au post-test, comparativement aux élèves du groupe Contrôle.

Plus encore, notre intérêt se porte sur l'appropriation des connaissances acquises par les élèves au cours du PPM en termes de développement de la métacognition, objectif premier du programme, et de leur mise en œuvre au profit de leur réussite scolaire. Notre revue de la littérature nous a montré que la réussite scolaire se caractérise tout autant par les performances scolaires des élèves que par la perception que les élèves ont d'eux-mêmes en tant qu'apprenant. Ainsi, nous formulons l'hypothèse que les élèves du groupe PPM présenteront une meilleure évolution de leur réussite scolaire, en termes de performances scolaires en français et en mathématiques, mais aussi d'ajustement de leur sentiment d'auto-efficacité à leurs performances scolaires, médiatisée par une meilleure évolution de leurs

capacités métacognitives, compte tenu de leur développement cognitif (mesuré au travers des capacités mnésiques, attentionnelles, intellectuelles et exécutives).

Notre revue de la littérature nous a permis de montrer que les élèves les plus en difficulté scolaire bénéficiaient davantage de la mise en œuvre de programmes métacognitifs. En effet, ils semblent manquer de connaissances métacognitives sur eux-mêmes, sur les tâches, sur les stratégies, et sur la manière de les mettre en place ce qui engendre alors des actions bien souvent inefficaces qui impactent négativement leur réussite scolaire. Généralement, l'identification de ces élèves est établie au regard de leurs performances scolaires et/ou cognitives. Toutefois, cette vision de la réussite scolaire nous semble réductrice, d'autant plus que nous avons mis en évidence, dans les Chapitres 1 et 2, que la perception que les élèves ont d'eux-mêmes en tant qu'apprenant caractérise également la réussite scolaire<sup>39</sup>. Nous avons donc choisi de dégager les profils scolaires des élèves en fonction de deux axes : la performance (scolaire et cognitive), et la perception de soi scolaire. Nous formulons l'hypothèse d'observer des effets significatifs différenciés du PPM en fonction des profils scolaires dégagés. Plus précisément, nous nous attendons à ce que les élèves en difficulté scolaire qui ont bénéficié du PPM présentent une meilleure évolution de leur réussite scolaire, en termes de performances scolaires en français et en mathématiques, mais aussi d'ajustement de leur sentiment d'auto-efficacité à ces performances, comparativement aux élèves ne présentant pas de difficulté scolaire, et aux élèves du groupe Contrôle.

Enfin, nous souhaitons évaluer les bénéfices différés du PPM, soit une année après la fin de sa diffusion (en fin de 4<sup>ème</sup>), ce qui n'a pu se faire en raison de la COVID-19. L'annulation de ce temps de mesure nous a amené à exploiter les données recueillies lors de l'évaluation mi-parcours. Ainsi, nous avons choisi d'explorer, sans formuler d'hypothèse *a priori*, d'éventuels effets du PPM en fonction de l'année d'enseignement, que nous qualifierons « d'effets de contenu du PPM »<sup>40</sup>, entre le pré-test et l'évaluation à mi-parcours, puis entre l'évaluation à mi-parcours et le post-test immédiat. Le temps d'évaluation mi-parcours a donc été inclus dans chaque analyse, soit en mesures répétées lorsque cela était possible, soit

---

<sup>39</sup> Cette vision est partagée par Famose et Bertsch (2009).

<sup>40</sup> Nous avons conscience que cette qualification n'est pas satisfaisante dans la mesure où, dans l'analyse des effets de la seconde année d'enseignement, les élèves des deux groupes ne sont plus comparables, l'un ayant déjà bénéficié du PPM sur une année et pas l'autre. Il est donc difficile de distinguer, s'il y a des effets observables, ce qui est imputable à l'effet de contenu de la première ou de la seconde année de diffusion.

par l'intermédiaire d'analyses supplémentaires selon le même modèle d'analyses statistiques.



CHAPITRE



## RÉSULTATS DE L'EXPÉRIMENTATION

*« Traiter de la façon d'élever et d'éduquer les enfants semble être la chose la plus importante et la plus difficile de toute la science »*

Montaigne, XVI<sup>e</sup> siècle

Après avoir exposé la conception du PPM ainsi que le protocole de recherche afférent à son évaluation, nous allons maintenant nous intéresser aux résultats de cette expérimentation.

Dans un premier temps, nous présenterons l'analyse des données obtenues avant la mise en place de l'intervention. Dans ce cadre, nous souhaitons nous assurer de la validité de construits des outils utilisés, gage de la validité de nos mesures dans cette étude, examiner les liens existants entre nos mesures de performances scolaires en français et en mathématiques et les différentes mesures psychologiques effectuées, et décrire le plus finement possible les élèves interrogés, dans leur ensemble puis en fonction de leur établissement d'origine. Dans un second temps, nous nous intéresserons aux effets de l'intervention. Nous chercherons les éventuels bénéfices du PPM : 1/ sur les connaissances générales et l'adhésion à des conceptions erronées sur le fonctionnement cérébral et cognitif des élèves, 2/ au travers de l'amélioration de leurs capacités métacognitives sur leur réussite scolaire, appréhendée par leurs performances scolaires en français, en mathématiques, et l'ajustement de leur sentiment d'auto-efficacité à ces performances, et 3/ en fonction de leur profil scolaire. Dans un dernier temps, nous explorerons les effets de contenu de chaque année du PPM, médiatisés par l'amélioration des capacités métacognitives, sur la réussite scolaire des élèves, en l'absence d'hypothèse *a priori*.

## 1. Analyses des données obtenues avant l'intervention

### 1.1. Validité de construit

La validité de construit est une qualité psychométrique qui correspond à l'adéquation entre la mesure obtenue à un test et le construit qu'il cherche à mesurer. La BRIEF (*Behavior Rating Inventory Executive Function*) et la CMS (*Children Memory Scale*) sont les deux outils parmi ceux que nous utilisons qui présentent des études évaluant cette validité de construit. Notre étude étant de nature appliquée, il nous semble nécessaire de vérifier que ces outils sont aussi fiables dans ces conditions de recherche appliquée. Nous avons donc réalisé une matrice de corrélation sur la base des scores bruts, à l'aide du logiciel Jamovi (*The Jamovi Project, 2021*). La force des corrélations deux à deux, au travers du  $r$  de Bravais-Pearson, et la valeur de  $p$  associée seront systématiquement retranscrits pour chaque corrélation abordée.

Le manuel de la BRIEF nous indique que la corrélation observée entre l'indice de métacognition et l'indice de régulation comportementale est significative et de forte intensité

( $r = .65$  ;  $p < .05$  ; Roy et al., 2013). Dans notre étude, nous observons une corrélation fortement significative et de forte intensité ( $r = 0.59$  ;  $p < .001$  ; Tableau 13). Ce résultat nous conforte dans l'idée que l'outil que nous avons utilisé est fiable puisque la corrélation est ici retrouvée bien que légèrement moins forte. Concernant la CMS, le manuel nous indique les coefficients de Pearson des corrélations observées, pour le groupe des enfants âgés de 11 ans, mais sans mentionner le taux d'erreur retenu (Cohen, 2001). La corrélation attendue entre l'indice de mémoire générale et l'indice d'attention est de faible intensité ( $r = 0.17$ ), et nous observons une corrélation significative d'intensité modérée ( $r = 0.42$  ;  $p < .001$  ; Tableau 13). La corrélation attendue entre l'indice de mémoire générale et l'indice d'apprentissage est de forte intensité ( $r = 0.70$ ), et nous observons une corrélation significative de forte intensité ( $r = 0.67$  ;  $p < .001$  ; Tableau 13). Enfin, la corrélation attendue entre l'indice d'attention et l'indice d'apprentissage est d'intensité modérée ( $r = 0.30$ ), et nous observons une corrélation significative d'intensité modérée également ( $r = 0.25$  ;  $p = .02$  ; Tableau 13). Les corrélations originales étant retrouvées dans notre échantillon, l'outil peut être considéré comme fiable.

### *1.2. Lien entre les performances scolaires et les mesures psychologiques*

Nous nous sommes intéressés aux liens qui pourraient exister entre les connaissances générales sur le cerveau, l'adhésion aux neuromythes, les capacités métacognitives, le score de sentiment d'auto-efficacité, et les performances scolaires en français et en mathématiques avec les autres mesures (*i.e.*, indice de mémoire générale, indice d'attention, indice d'apprentissage, score d'intelligence, et indice de régulation comportementale). La matrice de corrélation est présentée dans son intégralité dans le Tableau 13, cependant, nous ne détaillerons, ici, que les corrélations qui s'avèrent significatives ( $p < .05$ ).

Tout d'abord, les connaissances générales sur le cerveau corrélaient positivement et faiblement avec les performances scolaires en français ( $r = 0.23$  ;  $p = .03$ ), modérément avec les performances scolaires en mathématiques ( $r = 0.36$  ;  $p < .001$ ), et l'indice d'attention ( $r = 0.29$  ;  $p = .007$ ). La matrice de corrélation nous indique que les capacités métacognitives présentent une corrélation significative, négative et de faible intensité, avec l'indice d'attention ( $r = -0.24$  ;  $p = .03$ ). La corrélation signifie que des capacités attentionnelles élevées sont liées à d'importantes capacités métacognitives. Ces dernières sont également liées négativement et faiblement aux performances scolaire en Français ( $r = -0.22$  ;  $p = .04$ ). L'échelle de métacognition étant inversée, la corrélation signifie que des performances

supérieures en français sont liées à d'importantes capacités métacognitives. Pour ce qui est du sentiment d'auto-efficacité, il corrèle positivement et faiblement avec l'indice d'attention ( $r = 0.26$  ;  $p = .015$ ). La matrice de corrélation nous indique également que les performances scolaires en français sont positivement et fortement liées aux indices de mémoire générale ( $r = 0.53$  ;  $p = <.001$ ), d'attention ( $r = 0.50$  ;  $p = <.001$ ), de manière modérée à l'indice d'apprentissage ( $r = 0.38$  ;  $p = <.001$ ), et au score d'intelligence ( $r = 0.31$  ;  $p = .004$ ). Elles sont également liées positivement et fortement aux performances scolaires en mathématiques ( $r = 0.63$  ;  $p < .001$ ). Enfin, les performances scolaires en mathématiques sont positivement et modérément liées aux indices de mémoire générale ( $r = 0.44$  ;  $p = <.001$ ) et d'apprentissage ( $r = 0.31$  ;  $p = .003$ ), et fortement à l'indice d'attention ( $r = 0.53$  ;  $p = <.001$ ).

En résumé, les connaissances générales sur le cerveau sont corrélées de manière positive aux performances scolaires en français et en mathématiques. Les capacités métacognitives sont liées aux capacités attentionnelles et aux performances scolaires en français. Le sentiment d'auto-efficacité corrèle avec les capacités attentionnelles. Les performances scolaires en français sont également corrélées aux capacités mnésiques, attentionnelles, d'apprentissage, et à l'intelligence. Les performances scolaires en mathématiques sont seulement liées aux capacités mnésiques, attentionnelles, et d'apprentissage. Ces résultats appuient nos hypothèses d'un effet du PPM sur l'amélioration des performances scolaires en français, au travers de l'amélioration des capacités métacognitives et en fonction du profil scolaire des élèves. Ils soutiennent également nos choix de tenir compte du développement des capacités cognitives sur l'évolution des performances scolaires.

Tableau 13 : Tableau récapitulatif des corrélations existantes entre les différentes mesures : dans la partie inférieure, les coefficients *r* de Pearson sont indiqués, et dans la partie supérieure, les valeurs *p* associées sont indiquées.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	-	0.165	0.534	0.348	0.073	<b>0.007</b>	0.307	0.618	0.833	<b>0.033</b>	< .001
2	0.150	-	0.267	0.906	0.193	0.233	0.607	0.474	0.575	0.593	0.665
3	0.068	0.120	-	0.602	0.780	<b>0.026</b>	0.935	0.202	< .001	<b>0.041</b>	0.300
4	0.102	-0.013	-0.057	-	0.469	<b>0.015</b>	0.453	0.759	0.298	0.336	0.090
5	0.193	0.141	-0.030	0.079	-	< .001	< .001	.001	0.812	< .001	< .001
6	<b>0.289</b>	-0.129	<b>-0.238</b>	<b>0.260</b>	<b>0.425</b>	-	<b>0.022</b>	0.536	0.722	< .001	< .001
7	0.111	0.056	0.009	0.082	<b>0.666</b>	<b>0.246</b>	-	0.016	0.735	< .001	<b>0.003</b>
8	0.054	-0.078	-0.138	0.033	<b>0.338</b>	0.067	0.259	-	0.070	<b>0.004</b>	0.068
9	-0.023	0.061	<b>0.586</b>	-0.113	0.026	-0.039	0.037	-0.195	-	0.219	0.452
10	<b>0.229</b>	0.058	<b>-0.219</b>	0.104	<b>0.526</b>	<b>0.504</b>	<b>0.383</b>	<b>0.307</b>	-0.133	-	< .001
11	<b>0.363</b>	-0.047	-0.112	0.183	<b>0.442</b>	<b>0.529</b>	<b>0.315</b>	0.197	-0.082	<b>0.626</b>	-

Note : 1/ Connaissances générales sur le cerveau, 2/ Adhésion aux neuromythes, 3 / Indice de métacognition, 4/ Score de sentiment d'auto-efficacité, 5/ indice de mémoire générale, 6/ Indice d'attention, 7/ Indice d'apprentissage, 8/ Score d'intelligence, 9/ Indice de régulation comportementale, 10/ Performances scolaires en français, 11/ Performances scolaires en mathématiques.

### 1.3. Description des collégiens

#### 1.3.1. Description de l'échantillon global

Au total, 87 élèves de 6<sup>ème</sup> ont participé au protocole dans son intégralité. Ces élèves, avant toute intervention, étaient âgés en moyenne de 11 ans et 3 mois ( $sd = 5$  mois), dont 38 étaient des filles, tous issus de la classe moyenne. Nous allons maintenant nous intéresser à leurs performances initiales aux évaluations psychologiques et scolaires, au travers des scores bruts ou z-scores que nous mettrons en perspective, pour les scores pour lesquels cela est possible, avec les scores standards et les normes associées. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Jamovi (*The Jamovi Project*, 2021).

En termes de connaissances générales sur le cerveau, les élèves ont obtenu un pourcentage moyen de 40.80 ( $sd = 24.10$  ; Tableau 14). Avec à peine une réponse sur deux correcte, il semble que les élèves connaissent peu l'organe des apprentissages qu'est le cerveau.

Pour ce qui de leur adhésion aux neuromythes, les élèves ont obtenu un pourcentage moyen de 45.10 ( $sd = 25.50$ ). Les élèves apparaissent relativement en proie à des conceptions erronées sur le cerveau.

Tableau 14 : Tableau récapitulatif des scores obtenus par les collégiens au pré-test

Indice (étendue score brut)	Score brut/z-score	Score standard	Normes
Connaissances générales sur le cerveau (de 0 à 100)	40,80 ± 24,10	-	-
Neuromythes (de 0 à 100)	45,10 ± 25,50	-	-
Indice de métacognition (de 44 à 132)	72,87 ± 13,89	52,44 ± 9,42	< 70
Sentiment d'auto-efficacité (de 10 à 40)	29,51 ± 3,92	-	-
Indice de mémoire générale	0,07 ± 0,58	-	-
Indice d'attention	0,17 ± 0,80	17,93 ± 4,54	11 - 28
Indice d'apprentissage	0,07 ± 0,72	19,84 ± 4,55	11 - 28
Score d'intelligence (de 0 à 32)	17,92 ± 2,98	9,07 ± 2,25	4 - 16
Indice de régulation comportementale (de 84 à 28)	44,46 ± 8,55	56,11 ± 10,94	< 70
Performances en français (de 0 à 20)	15,33 ± 2,66	-	-
Performances en mathématiques (de 0 à 20)	8,72 ± 3,77	-	-

Sur le plan psychologique, les élèves ont obtenu un score standard moyen de 52.44 ( $sd = 9,42$  ; score brut moyen = 72,87,  $sd = 13,89$ ). Au regard du seuil de normalité de deux écart-types au-dessus de la moyenne, défini par un score inférieur à 70, le score standard moyen des élèves de notre échantillon reflète des capacités métacognitives dans la norme, mais plutôt dans la moyenne faible.

Pour ce qui est du sentiment d'auto-efficacité, les élèves ont obtenu un score moyen de 29.51 ( $sd = 3,92$ ). Ce score moyen obtenu par les élèves pouvant être compris entre 10 et 40, il semble qu'ils disposent d'un sentiment d'auto-efficacité moyen voire élevé.

Au niveau des capacités mnésiques, comme nous l'avons explicité au Chapitre 3, il ne nous est pas possible de faire la correspondance avec les scores standards pour cet indice. En revanche, si nous ne pouvons comparer leur niveau à celui de leur groupe de référence, nous pouvons nous intéresser à leur z-score moyen. Les élèves ont obtenu un z-score moyen de 0.07 ( $sd = 0.58$ ), ce qui nous indique qu'ils présentent des capacités mnésiques relativement homogènes autour de la moyenne de l'ensemble des élèves.

Au niveau des capacités attentionnelles, les élèves ont obtenu un score standard moyen de 17.93 ( $sd = 4.54$  ; z-score moyen = 0.17 ;  $sd = 0.80$ ). Au regard de l'intervalle de normalité, défini par un score s'écartant de moins de deux écart-types de la moyenne, compris entre 11 et 28, le score standard moyen des élèves de notre échantillon reflète des capacités attentionnelles dans la norme, mais dans la moyenne faible.

Au niveau des capacités d'apprentissage, les élèves ont obtenu un score standard moyen de 19.84 ( $sd = 4.54$  ; z-score moyen = 0.07,  $sd = 0.72$ ). Au regard de l'intervalle de normalité, défini par un score s'écartant de moins de deux écarts-types de la moyenne, compris entre 11 et 28, le score standard moyen des élèves de notre échantillon reflète des capacités d'apprentissages dans la norme.

Sur le plan de l'intelligence, les élèves ont obtenu un score standard moyen de 9.07 ( $sd = 2.25$  ; score brut moyen = 17.92,  $sd = 2.98$ ). Au regard de l'intervalle de normalité, défini par un score s'écartant de moins de deux écarts-types de la moyenne, compris entre 4 et 16, le score standard moyen des élèves de notre échantillon reflète un niveau d'intelligence dans la norme, voire dans la moyenne faible.

En ce qui concerne les capacités exécutives, les élèves ont obtenu un score standard moyen de 56.11 ( $sd = 10,94$  ; score brut moyen = 44.46,  $sd = 8,55$ ). Au regard du seuil de normalité

de deux écarts-types au-dessus de la moyenne, défini par un score inférieur à 70, le score standard moyen des élèves de notre échantillon reflète des capacités exécutives normales, mais à la limite du seuil pathologique.

Sur le plan scolaire, les élèves ont obtenu un score brut moyen en français de 15.33/20 ( $sd = 2.66$ ) qui laisse à penser que les élèves présentent un bon niveau en français. En revanche, les élèves ont obtenu un score brut moyen en mathématiques plus faible (score brut moyen = 8.72/20,  $sd = 3.77$ ), qui suggère que les élèves sont plus en difficulté en mathématiques.

En résumé, l'analyse des mesures psychologiques de tous les élèves met en évidence des capacités globalement dans la moyenne faible pour leur groupe d'âge. L'analyse des mesures scolaires fait état d'une disparité entre les performances scolaires en français et en mathématiques des élèves, de telle sorte qu'ils présentent des performances relativement élevées en français et faibles en mathématiques. Néanmoins, ces résultats semblent confirmer que les élèves représentent une population typique d'élèves de collège dont il faudrait favoriser la réussite scolaire. Nous allons maintenant comparer les élèves qui composent nos deux sous-échantillons.

### 1.3.2. Description des sous-échantillon en fonction de l'établissement scolaire

Nous allons maintenant nous intéresser aux performances initiales des élèves en fonction de leur établissement scolaire d'appartenance afin d'examiner l'existence de différences statistiques significatives entre nos deux groupes à l'origine, le groupe qui se voit attribuer l'enseignement du Programme Pédagogique Métacognitif (Groupe PPM) et le groupe Contrôle. Dans un premier temps, nous nous sommes assurés que les distributions suivaient une loi normale à l'aide du test de Shapiro-Wilk. Nous avons également vérifié que l'homogénéité des variances était respectée à l'aide du test de Levene. Dans le cas où ces deux conditions étaient respectées, nous avons réalisé un test t de Student pour comparer nos deux groupes. Dans le cas où les distributions ne suivaient pas une loi normale, nous avons réalisé un test U de Mann-Whitney. Nous avons également reporté la taille de nos effets avec le  $d$  de Cohen lorsque ceux-ci s'avéraient significatifs. Ces analyses ont été réalisées pour chacune des mesures d'intérêt de l'évaluation psychologique et de l'évaluation scolaire (Tableau 15). Enfin, nous avons choisi de représenter graphiquement chaque résultat d'analyse par une boîte à moustache. Ces analyses ainsi que les représentations graphiques associées ont été réalisées à l'aide du logiciel Jamovi (*The Jamovi Project, 2021*).

Tableau 15 : Tableau récapitulatif des scores obtenus par les élèves de chaque groupe au pré-test

Indice (étendue score brut)	Groupe PPM (n=46)	Groupe Contrôle (n=41)	Différence
Connaissances générales sur le cerveau (de 0 à 100)	38.60 ± 22,80	43.30 ± 25,60	ns
Neuromythes (de 0 à 100)	40.8 ± 22,60	50.00 ± 28,00	ns
Indice de métacognition (de 44 à 132)	73,89 ± 14,15	71,73 ± 13,68	ns
Sentiment d'auto-efficacité (de 10 à 40)	29,22 ± 3,74	29,83 ± 4,13	ns
Indice de mémoire générale	0,01 ± 0,51	0,15 ± 0,65	ns
Indice d'attention	0,10 ± 0,79	0,24 ± 0,82	ns
Indice d'apprentissage	0,00 ± 0,72	0,15 ± 0,72	ns
Score d'intelligence (de 0 à 32)	17,76 ± 3,03	18,10 ± 2,97	ns
Indice de régulation comportementale (de 84 à 28)	44,26 ± 9,04	44,68 ± 8,08	ns
Performances en français (de 0 à 20)	14,70 ± 2,77	16,04 ± 2,38	<b>p = .01</b>
Performances en mathématiques (de 0 à 20)	7,82 ± 3,79	9,72 ± 3,53	<b>p = .01</b>

En termes de connaissances générales sur le cerveau, les élèves du groupe PPM ne se distinguent pas significativement des élèves du groupe Contrôle ( $m = 38.60$ ,  $sd = 22.80$  vs.  $m = 43.30$ ,  $sd = 25.60$  ;  $U_{(85)} = 842.0$  ;  $p > .05$  ; Figure 31).

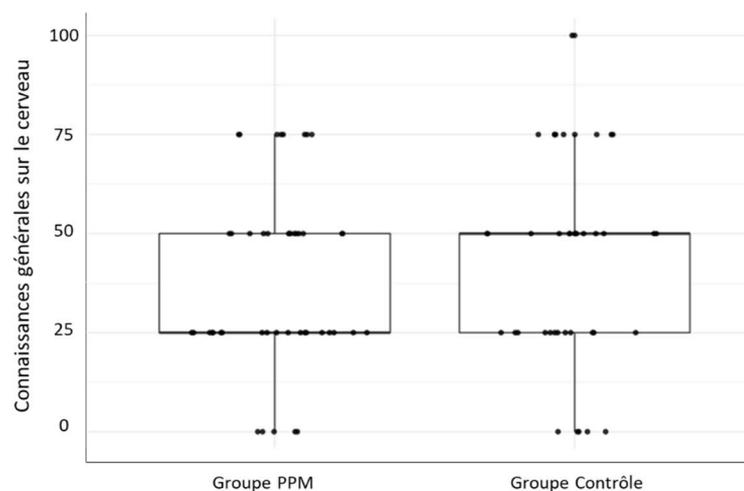


Figure 31 : Représentation graphique du pourcentage de réponses correctes des élèves en termes de connaissances générales sur le cerveau au pré-test en fonction de leur Groupe

Pour ce qui de l'adhésion des élèves aux neuromythes, les élèves du groupe PPM ne se distinguent pas significativement des élèves du groupe Contrôle ( $m = 40.80, sd = 22.60$  vs.  $m = 50.00, sd = 28.00$  ;  $t_{(85)} = 1.704$  ;  $p > .05$  ; Figure 32).

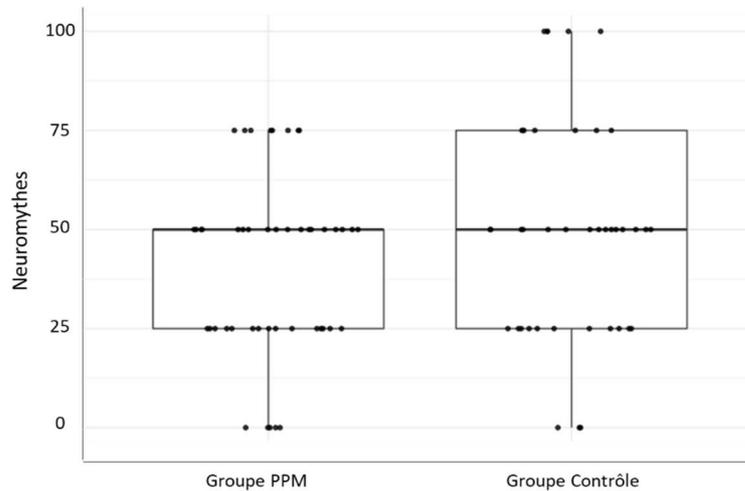


Figure 32 : Représentation graphique du pourcentage d'adhésion des élèves à des conceptions erronées sur le cerveau au pré-test en fonction de leur Groupe (un pourcentage élevé correspond à une forte reconnaissance des neuromythes donc à un degré d'adhésion faible)

Sur le plan psychologique, les élèves du groupe PPM ne se distinguent pas significativement des élèves du groupe Contrôle en termes de capacités métacognitives ( $m = 73,89, sd = 14,15$  vs.  $m = 71.73, sd = 13,68$  ;  $t_{(85)} = -0.72$  ;  $p > .05$  ; Figure 33).

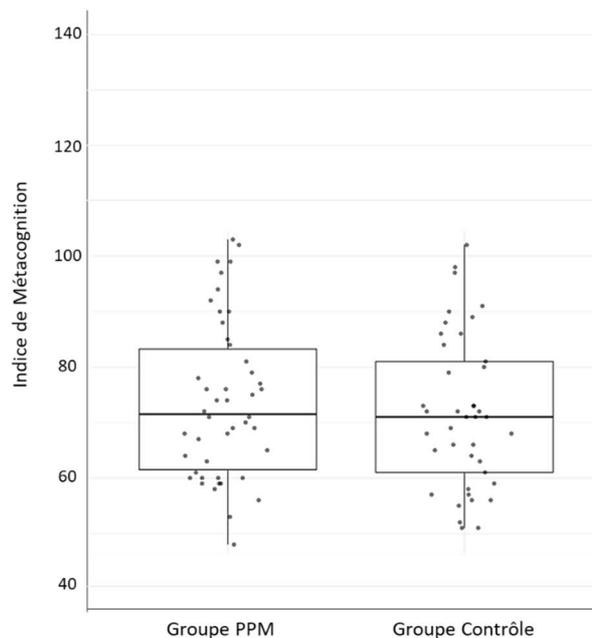


Figure 33 : Représentation graphique des performances des élèves à l'indice de métacognition au pré-test en fonction de leur Groupe

Pour ce qui est du sentiment d'auto-efficacité, les élèves du groupe PPM ne se distinguent pas significativement des élèves du groupe Contrôle ( $m = 29.22$ ,  $sd = 3,74$  vs.  $m = 29.83$ ,  $sd = 4.13$  ;  $t_{(85)} = 0.72$  ;  $p > .05$  ; Figure 34).

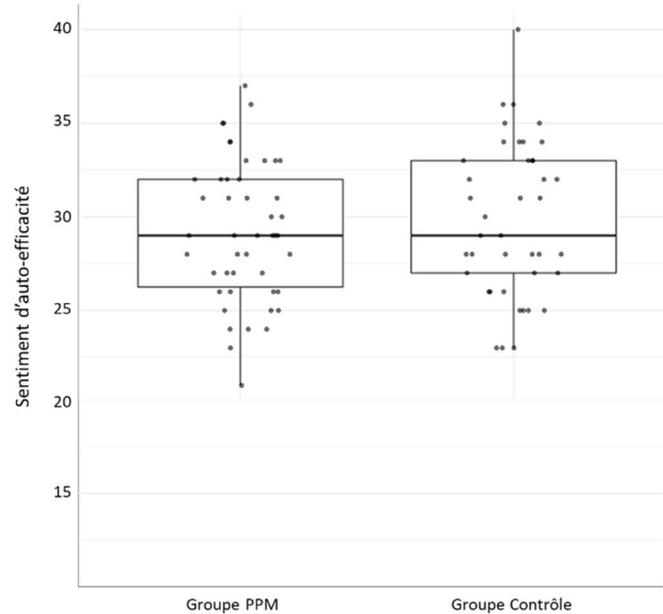


Figure 34 : Représentation graphique du score des élèves à l'échelle de sentiment d'auto-efficacité au pré-test en fonction de leur Groupe

Au niveau des capacités mnésiques, les élèves du groupe PPM ne se distinguent pas significativement des élèves du groupe Contrôle ( $m = 0.01$ ,  $sd = 0.51$  vs.  $m = 0.15$ ,  $sd = 0.65$  ;  $t_{(85)} = 1.14$  ;  $p > .05$  ; Figure 35).

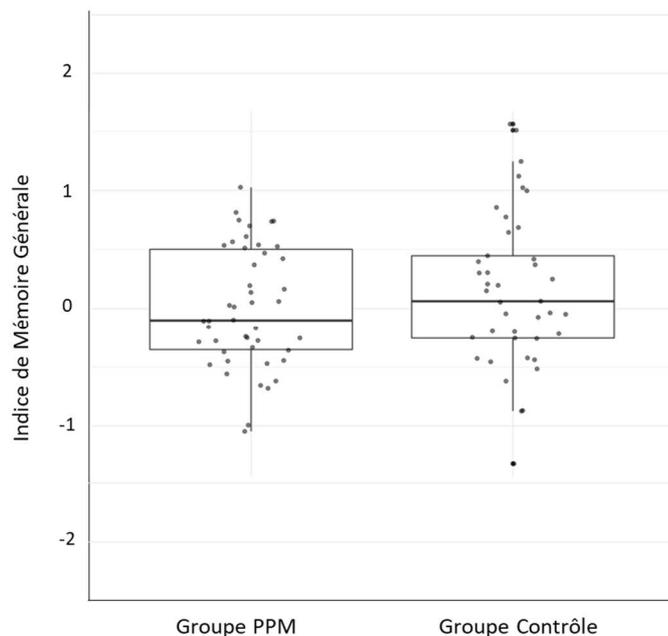


Figure 35 : Représentation graphique des performances des élèves à l'indice de mémoire générale au pré-test en fonction de leur Groupe

Au niveau des capacités attentionnelles, les élèves du groupe PPM ne se distinguent pas significativement des élèves du groupe Contrôle ( $m = 0.10, sd = 0.79$  vs.  $m = 0.24, sd = 0.82$  ;  $t_{(85)} = 0.81$  ;  $p > .05$  ; Figure 36).

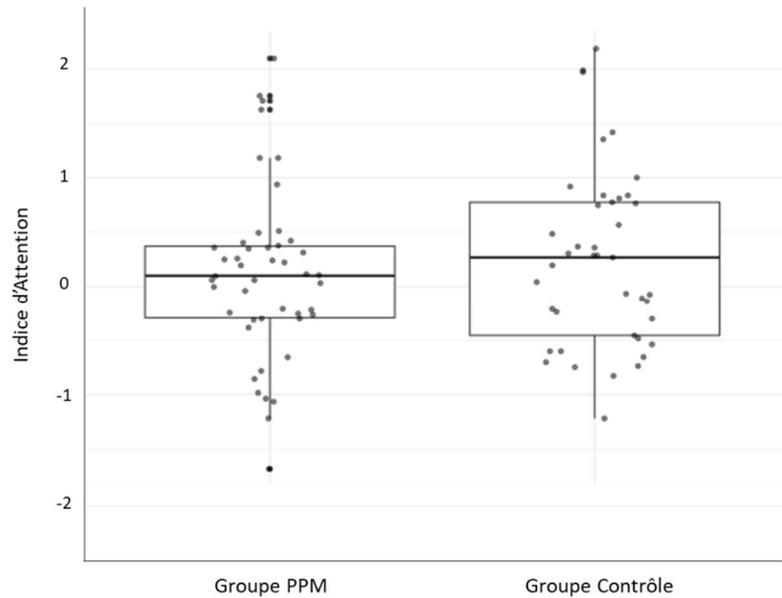


Figure 36 : Représentation graphique des performances des élèves à l'indice d'attention au pré-test en fonction de leur Groupe

Au niveau des capacités d'apprentissage, les élèves du groupe PPM ne se distinguent pas significativement des élèves du groupe Contrôle ( $m = 0.00, sd = 0.72$  vs.  $m = 0.15, sd = 0.72$  ;  $U_{(85)} = 1025.0$  ;  $p > .05$  ; Figure 37).

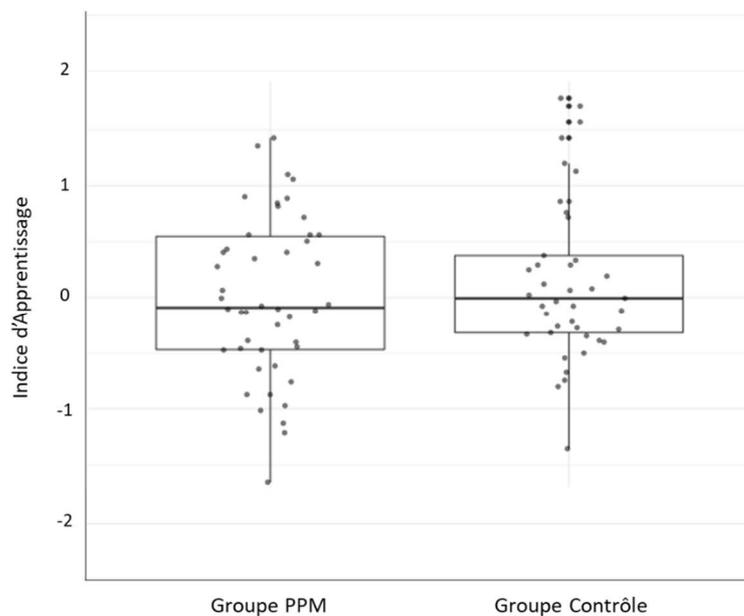


Figure 37 : Représentation graphique des performances des élèves à l'indice d'apprentissage au pré-test en fonction de leur Groupe

Sur le plan de l'intelligence, les élèves du groupe PPM ne se distinguent pas significativement des élèves du groupe Contrôle ( $m = 17.76, sd = 3.03$  vs.  $m = 18.10, sd = 2.97$  ;  $t_{(85)} = 0.52$  ;  $p > .05$  ; Figure 38).

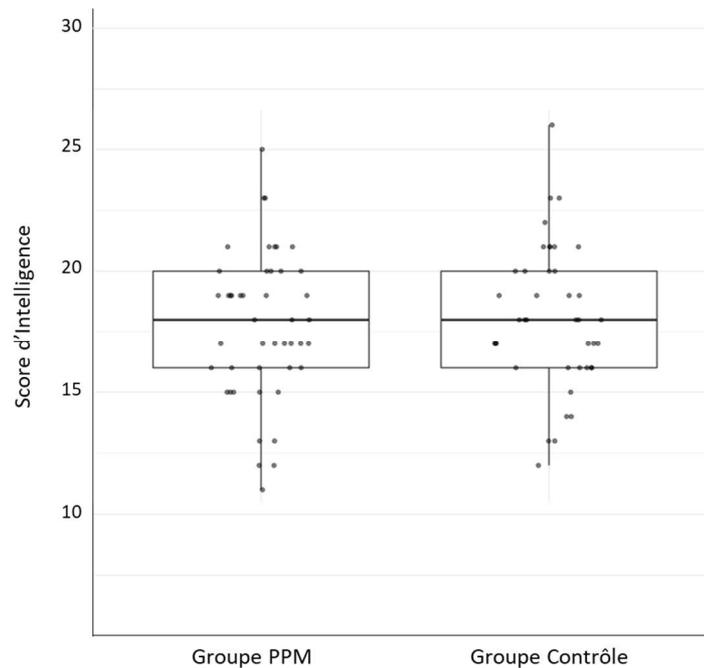


Figure 38 : Représentation graphique des performances des élèves au score d'intelligence au pré-test en fonction de leur Groupe

En ce qui concerne les capacités exécutives, les élèves du groupe PPM ne se distinguent pas significativement des élèves du groupe Contrôle ( $m = 44.26, sd = 9.04$  vs.  $m = 44.68, sd = 8.08$  ;  $U_{(85)} = 1019.0$  ;  $p > .05$  ; Figure 39).

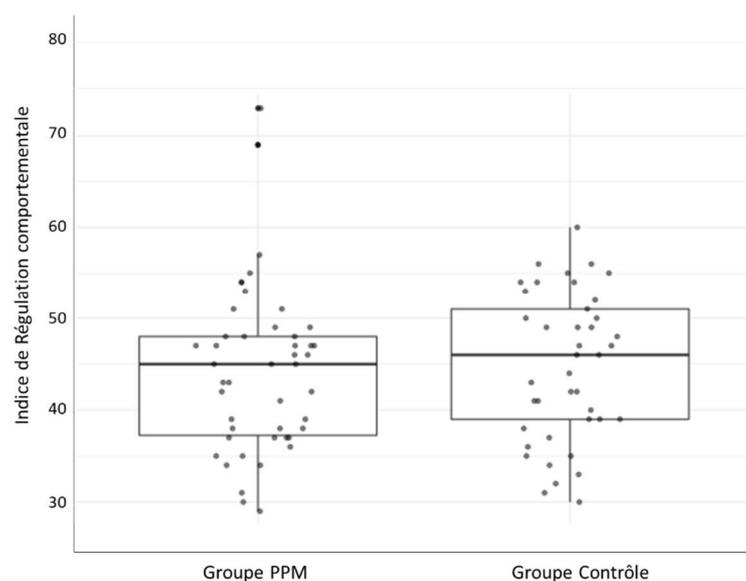


Figure 39 : Représentation graphique des performances des élèves à l'indice de régulation comportementale au pré-test en fonction de leur Groupe

Sur le plan scolaire, les élèves du groupe PPM se distinguent significativement des élèves du groupe Contrôle sur les performances scolaires en français ( $m = 14.70, sd = 2.77$  vs.  $m = 16.04, sd = 2.38$  ;  $U_{(85)} = 1245.5$  ;  $p < 0.01$  ;  $d = 0.32$  ; Figure 40). Au pré-test, les élèves du groupe PPM présentent des performances scolaires en français significativement plus faibles que les élèves du groupe Contrôle.

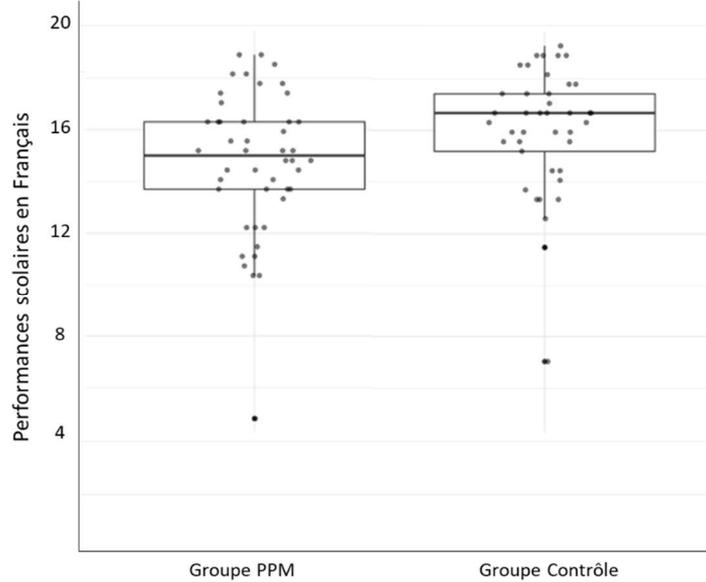


Figure 40 : Représentation graphique des performances des élèves à l'évaluation en français au pré-test en fonction de leur Groupe

Sur les performances scolaires en mathématiques, les élèves du groupe PPM se distinguent également significativement des élèves du groupe Contrôle ( $m = 7.82, sd = 3.79$  vs.  $m = 9.72, sd = 3.53$  ;  $U_{(85)} = 1252.5$  ;  $p < 0.01$  ;  $d = 0.33$  ; Figure 41). Au pré-test, les élèves du groupe PPM présentent des performances scolaires en mathématiques significativement plus faibles que les élèves du groupe Contrôle.

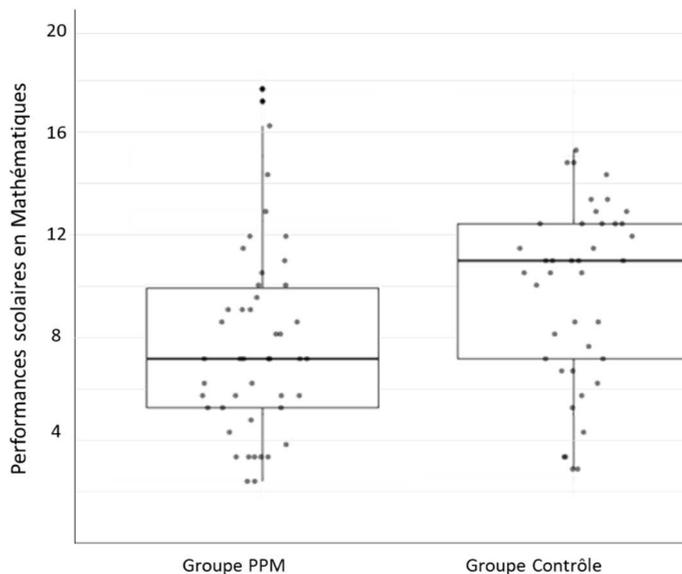


Figure 41 : Représentation graphique des performances des élèves à l'évaluation en mathématiques au pré-test en fonction de leur Groupe

En résumé, les différences significatives détectées sur les performances scolaires mettent en évidence une différence entre les élèves selon leur établissement scolaire. Nous reviendrons sur les conséquences potentielles de cette différence à l'origine dans le Chapitre 5 – Discussion Générale. *A contrario*, les analyses descriptives sur le plan psychologique semblent confirmer que les élèves de nos deux groupes se ressemblent et représentent tous deux une population d'élèves typiques mais fragiles.

## 2. Analyses des effets de l'intervention

### 2.1. Effet du PPM sur les connaissances du fonctionnement cérébral et cognitif

#### 2.1.1. Analyses statistiques

Afin de déterminer si le PPM a permis aux élèves d'acquérir des connaissances sur le fonctionnement cérébral et cognitif, nous avons réalisé des ANOVA à mesures répétées sur le score de connaissances générales et le score de neuromythes, après avoir vérifié les conditions d'applications de celles-ci, c'est-à-dire la normalité de la distribution des résidus de chaque groupe par un test de Levene et l'homogénéité des variances et des co-variances (hypothèse de sphéricité) par un test de Mauchly. Chacune des ANOVA à mesures répétées comprenait un facteur catégoriel inter-sujets, le Groupe (PPM ou Contrôle) et un facteur numérique intra-sujets, le Temps (pré-test, évaluation mi-parcours, et post-test immédiat). Les mesures retenues sont les pourcentages de réponses correctes à chaque temps d'évaluation, vis-à-vis des connaissances générales sur le cerveau et des neuromythes. Nous avons donc effectué deux ANOVA à mesures répétées différentes, ainsi que des analyses post-hoc à l'aide des corrections de Tukey ( $p_{tukey}$ ) et de Bonferroni ( $p_{bonf}$ ) lorsque cela était nécessaire. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Jamovi (*The Jamovi Project*, 2021). Les résultats des ANOVA seront représentés graphiquement en fonction du Groupe et du Temps d'évaluation pour chaque mesure. De manière systématique, nous avons reporté la valeur du  $F$  de Fisher, la valeur de  $p$  associée, et lorsque l'effet était significatif, nous avons également reporté la taille de l'effet avec l'éta carré partiel ( $\eta_p^2$ ). Les analyses post-hoc seront ensuite détaillées et accompagnées des moyennes et des écart-types des groupes concernés, ainsi que des valeurs de  $p$  associées aux comparaisons deux à deux.

## 2.1.2. Effet du PPM sur les connaissances générales des élèves sur le cerveau

Nous observons un effet significatif de l'interaction entre le Groupe et le Temps ( $F_{(2;170)} = 5.07$  ;  $p < .01$  ;  $\eta_p^2 = 0.06$ ) sur le pourcentage de réponses correctes vis-à-vis des connaissances générales des élèves sur le cerveau (Figure 42). L'effet du Temps est significatif ( $F_{(2;170)} = 9.32$  ;  $p < .001$  ;  $\eta_p^2 = 0.10$ ), mais pas l'effet du Groupe ( $F_{(1;85)} = 0.05$  ;  $p > .05$ ).

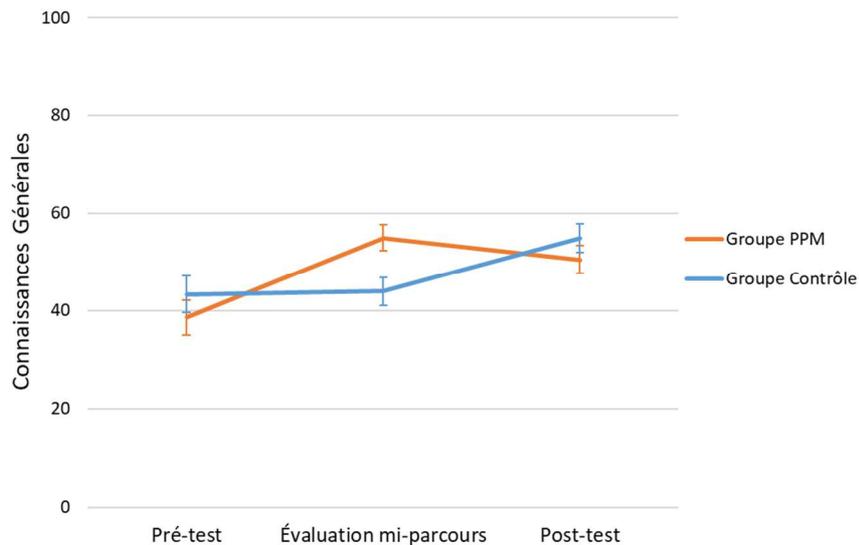


Figure 42 : Représentation graphique du pourcentage de réponses correctes des élèves en termes de connaissances générales sur le cerveau en fonction du Groupe et du Temps

Les analyses post-hoc nous révèlent que le pourcentage de réponses correctes vis-à-vis des connaissances générales sur le cerveau des élèves du groupe PPM a significativement augmenté entre le pré-test ( $m = 38.60$  ;  $sd = 3.56$ ) et le post-test immédiat ( $m = 50.50$  ;  $sd = 2.81$  ;  $p_{tukey} < .05$  et  $p_{bonf} < .05$ ), notamment entre le pré-test et l'évaluation mi-parcours ( $m = 54.90$  ;  $sd = 2.68$  ;  $p_{tukey} < .005$  et  $p_{bonf} < .005$ ) mais pas entre l'évaluation mi-parcours et le post-test immédiat ( $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$ ). *A contrario*, le pourcentage de réponses correctes vis-à-vis des connaissances générales sur le cerveau des élèves du groupe Contrôle ne semblent pas avoir évolué entre le pré-test ( $m = 43.30$  ;  $sd = 3.78$ ) et le post-test immédiat ( $m = 54.90$  ;  $sd = 2.98$  ;  $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$ ), bien qu'une amélioration significative soit détectée entre l'évaluation mi-parcours ( $m = 43.90$  ;  $sd = 2.83$ ) et le post-test immédiat ( $p_{tukey} < .05$  et  $p_{bonf} < .05$ ).

### 2.1.3. Effet du PPM sur l'adhésion des élèves aux neuromythes

Nous observons un effet significatif de l'interaction entre le Groupe et le Temps ( $F_{(2;170)} = 4.12$  ;  $p < .05$  ;  $\eta_p^2 = 0.05$ ) sur le pourcentage de réponses correctes vis-à-vis des neuromythes (Figure 43). Nous observons un effet significatif du Temps ( $F_{(2;170)} = 7.13$  ;  $p < .001$  ;  $\eta_p^2 = 0.08$ ), et n'observons pas d'effet significatif du Groupe ( $F_{(1;85)} = 0.15$  ;  $p > .05$ ).

Les analyses post-hoc nous révèlent que le pourcentage de réponses correctes vis-à-vis des

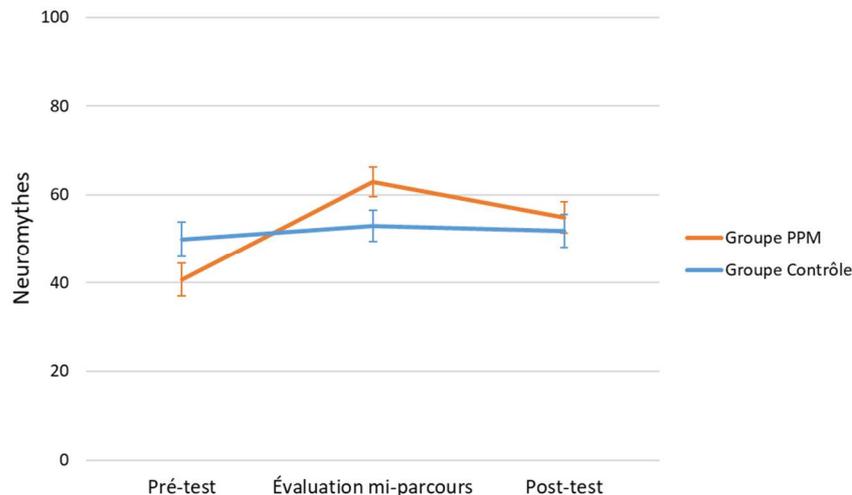


Figure 43 : Représentation graphique du pourcentage de réponses correctes des élèves en termes de neuromythes sur le cerveau en fonction du Groupe et du Temps

neuromythes des élèves du groupe PPM a significativement augmenté entre le pré-test ( $m = 40.80$  ;  $sd = 3.72$ ) et le post-test immédiat ( $m = 54.90$  ;  $sd = 3.49$  ;  $p_{tukey} < .05$  et  $p_{bonf} < .05$ ), notamment entre le pré-test et l'évaluation mi-parcours ( $m = 63.00$  ;  $sd = 3.34$  ;  $p_{tukey} < .001$  et  $p_{bonf} < .001$ ) mais pas entre l'évaluation mi-parcours et le post-test immédiat ( $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$ ). De façon différente, le pourcentage de réponses correctes vis-à-vis des neuromythes des élèves du groupe Contrôle n'a pas évolué de façon significative entre le pré-test ( $m = 50.00$  ;  $sd = 3.94$ ), l'évaluation mi-parcours ( $m = 53.00$  ;  $sd = 3.54$ ), et le post-test immédiat ( $m = 51.80$  ;  $sd = 3.69$  ; tous les  $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$ ).

## 2.2. Effet du PPM sur la réussite scolaire

### 2.2.1. Analyses statistiques

#### 2.2.1.1. Calcul de score a posteriori

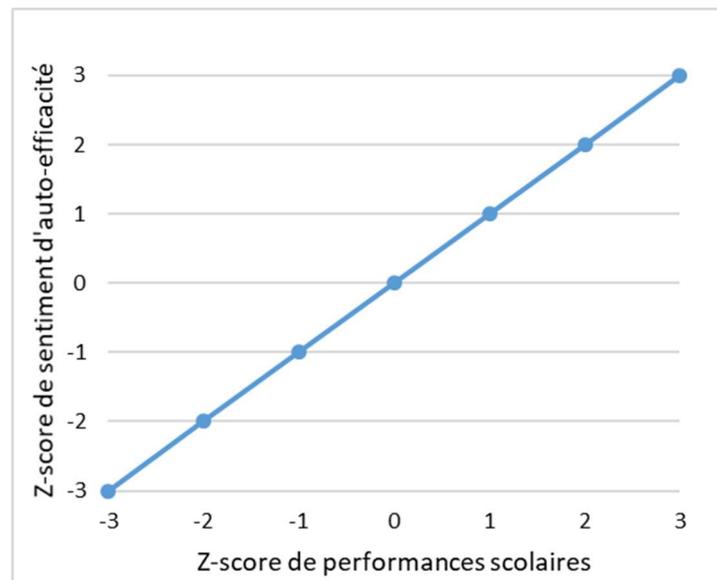
Nous avons fait l'hypothèse d'un effet de médiation du PPM, par le biais de l'amélioration des capacités métacognitives, sur l'optimisation de la réussite scolaire des élèves, explorée au travers de trois variables, compte tenu de leur développement cognitif. Pour l'éprouver,

deux indices ont été créés : l'indice d'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires, et l'indice cognitif.

En premier lieu, et pour toutes nos mesures d'intérêt, nous avons transformé les scores bruts de chaque élève en z-score selon une procédure spécifique. Ces z-scores ont été calculés sur la base de la moyenne et de l'écart-type de tous les élèves (groupe PPM + groupe Contrôle = 87 élèves), pour chacune des mesures, et à chacun des 3 temps d'évaluation (pré-test, évaluation mi-parcours, post-test immédiat).

Concernant l'indice d'ajustement du sentiment d'auto-efficacité des élèves à leurs performances scolaires, il se base sur les scores de performances scolaires des élèves (français et mathématique) et sur leur sentiment d'auto-efficacité. Nous avons moyenné les z-scores de performances scolaires en français et en mathématiques, pour chaque élève à chacun des 3 temps d'évaluation, afin d'obtenir un z-score de performances scolaires. Puis, nous avons, pour chaque élève, soustrait son z-score de performances scolaires à son z-score de sentiment d'auto-efficacité, à chacun des 3 temps d'évaluation. Les deux z-scores ayant les mêmes propriétés métriques, le score obtenu nous a permis d'apprécier l'indice d'ajustement du sentiment d'auto-efficacité des élèves à leurs performances scolaires, à chacun des 3 temps d'évaluation. Ce nouvel indice présente la particularité d'être optimal lorsqu'il tend vers 0 (Figure 44). En effet, l'idée d'être ajusté correspond au fait de se percevoir comme étant efficace à hauteur de ses performances. Si un élève est ajusté alors il présentera un z-score de performances scolaires semblable au z-score de sentiment d'auto-efficacité. À l'inverse, deux cas de figure sont possibles. Si l'indice tend vers une valeur positive élevée, il sera synonyme d'un ajustement erroné dans le sens d'une surestimation par l'élève de son efficacité. Dans ce cas, l'élève présentera un z-score de performances scolaires plus faible que le z-score de sentiment d'auto-efficacité. Si le score tend vers une valeur négative élevée, il sera synonyme d'un ajustement erroné dans le sens d'une sous-

estimation par l'élève de son efficacité. Dans ce cas, l'élève présentera un z-score de performances scolaires plus élevé que le z-score de sentiment d'auto-efficacité.



*Figure 44 : Représentation graphique théorique de l'indice d'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires : les élèves ajustés se situent sur la droite de régression et présentent un indice d'ajustement de 0, les élèves qui se surestiment se situent dans la partie supérieure gauche et présentent un indice d'ajustement positif, et les élèves qui se sous-estiment se situent dans la partie inférieure droite et présentent un indice d'ajustement négatif*

Pour appréhender le développement cognitif des élèves, nous avons construit un indice cognitif sur la base de cinq mesures que sont l'indice de mémoire générale, l'indice d'attention, l'indice d'apprentissage, le score d'intelligence, et l'indice de régulation comportementale. Nous avons moyenné les 5 z-scores de chaque sujet à chacun des 3 temps d'évaluation, ce qui nous a permis d'obtenir 3 indices cognitifs. Cet indice est considéré comme étant un indicateur du profil cognitif de l'élève. Dans ce cas, plus l'indice composite est élevé, plus l'élève présente de bonnes performances cognitives par rapport à l'ensemble des sujets. À l'inverse, plus l'indice composite est faible, plus l'élève présente de faibles performances cognitives par rapport à l'ensemble des sujets.

Ces deux indices ainsi créés, l'indice d'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires et l'indice cognitif, nous ont permis d'éprouver nos hypothèses de médiation. La partie suivante exposera brièvement le principe du modèle de médiation retenu et sa correspondance avec nos hypothèses afin d'accéder à la compréhension des effets du PPM diffusé sur deux années scolaires.

## 2.2.1.2. Analyses de médiation

Afin de déterminer les bénéfices du PPM dans le temps, par le biais des capacités métacognitives, sur chacune de nos variables comportementales d'intérêt, en tenant compte du développement cognitif des élèves, nous avons réalisé des analyses de médiation avec une covariable. L'analyse de médiation comprend un facteur (X), un médiateur (M), et une mesure comportementale d'intérêt (Y). Le modèle de médiation a pour objectif de tester l'hypothèse d'un effet indirect de X sur Y par le biais de M (effet indirect  $a \times b$ ), avec ou sans effet direct de X sur Y (effet direct  $c$ ). Nous ajouterons une covariable (Cov) à ce modèle afin de prendre en compte l'impact du développement cognitif sur M et sur nos variables comportementales d'intérêt (chemin  $d$  et  $e$  ; Figure 45).

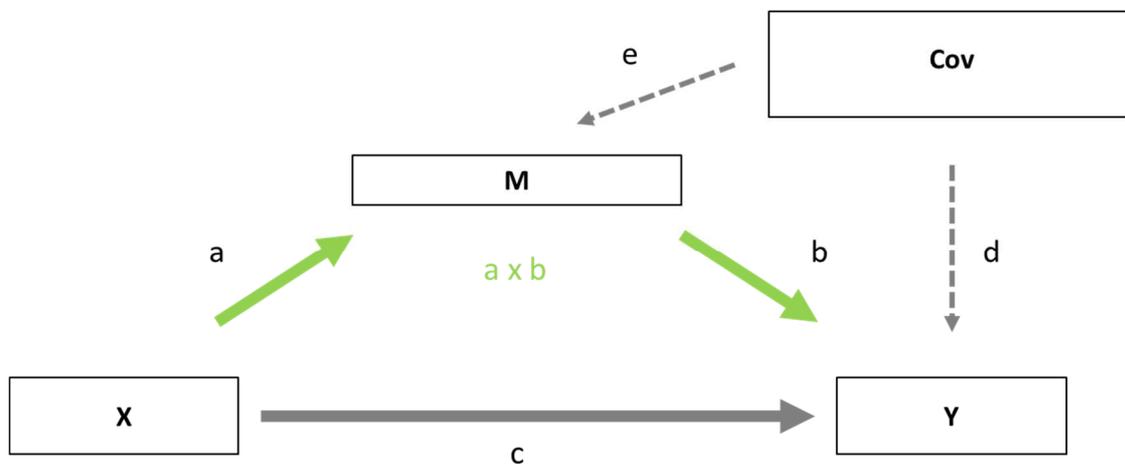


Figure 45 : Représentation schématique d'une analyse de médiation avec une covariable où  $a$ ,  $b$ , et  $c$ ,  $d$  et  $e$  sont les coefficients non-standardisés d'une régression linéaire, et  $axb$  est le coefficient non standardisé de l'effet indirect estimé avec le test bootstrap (Hayes, 2013, PROCESS modèle 4)

Pour déterminer l'existence d'une médiation, nous avons suivi les préconisations de Zhao et al. (2011) qui recommandent d'utiliser le test de *bootstrap*. Selon eux, seule la significativité de l'effet indirect est importante pour conclure à l'existence d'une médiation. C'est la raison pour laquelle les analyses de médiation ont été effectuées sur SPSS à l'aide du modèle 4 de la macro PROCESS de Hayes (2013), avec 5000 *bootstraps*<sup>41</sup> selon la méthode « *Bias corrected* ». Ce type de modèle permet d'estimer l'effet indirect  $a \times b$  à partir du test *bootstrap* par intervalle de confiance. L'effet indirect est alors significatif si l'intervalle de

<sup>41</sup> La technique de *bootstrapping* est une méthode qui permet de créer de nouveaux échantillons à partir de l'échantillon initial, obtenus de façon itérative par tirage avec remise. Cette opération est répétée 5000 fois. Pour chaque configuration, les coefficients  $a$  et  $b$  sont estimés ainsi que leur produit. Les 5000 valeurs de  $axb$  sont classées et les valeurs des percentiles 2,5 et 97,5 sont retenus pour former les bornes de l'intervalle de confiance de 95% (pour plus d'informations, voir Cadario et al., 2017; Hayes, 2013).

confiance de 95% associé à l'estimation  $a \times b$  exclut la valeur 0. Le coefficient  $a$  correspond au coefficient non-standardisé de la régression de M par X (chemin a ; Figure 45). Le coefficient  $b$  correspond au coefficient non-standardisé de la régression de Y par M en contrôlant X (chemin b ; Figure 45). Dès lors que la significativité de l'effet indirect est estimée, il reste à identifier le type de médiation rencontrée. La significativité du coefficient  $c$  (établie si la valeur du p associé est inférieure à 0.05) est le premier élément à vérifier pour identifier le type de médiation rencontré parmi les 5 identifiés. Le coefficient  $c$  correspond au coefficient non-standardisé de l'effet direct, c'est-à-dire de la régression de Y par X en contrôlant M (chemin c ; Figure 45). Les coefficients  $a$  et  $b$  vont ensuite nous permettre de trancher sur le dernier cas de figure. Le modèle de Hayes (2013) présente l'avantage de fournir ces estimations complémentaires automatiquement.

Sur la base des coefficients décrits ci-dessus, cinq types de médiation ont été distinguées par Zhao et al. (2011) :

1. Si ni l'effet indirect  $a \times b$ , ni l'effet direct  $c$  ne sont significatifs, alors c'est une non-médiation sans effet
2. Si l'effet indirect  $a \times b$  n'est pas significatif mais que l'effet direct  $c$  est significatif, alors c'est une non-médiation seulement directe
3. Si l'effet indirect  $a \times b$  est significatif mais que l'effet direct  $c$  n'est pas significatif, alors c'est une médiation seulement indirecte
4. Si l'effet indirect  $a \times b$  et l'effet direct  $c$  sont significatifs
  - 4.1. et que la valeur de la multiplication des trois coefficients est négative ( $a \times b \times c < 0$ ), alors c'est une médiation concurrente ;
  - 4.2. et que la valeur de la multiplication des trois coefficients est positive ( $a \times b \times c > 0$ ), alors c'est une médiation complémentaire.

Le report des résultats de médiation implique la spécification de la valeur estimée de l'effet indirect  $a \times b$  ainsi que l'intervalle de confiance de 95% du test *bootstrap*. L'effet indirect sera également présenté de manière décomposée en indiquant les coefficients  $a$  et  $b$ . Puis l'effet direct  $c$  sera précisé. Dans le cas où l'effet indirect  $a \times b$  et l'effet direct  $c$  seraient significatifs, nous détaillerons le produit des trois coefficients pour finalement conclure sur le type de médiation rencontré. Les résultats de chaque analyse de médiation seront représentés schématiquement en incluant les coefficients non-standardisés  $a$ ,  $b$ , et  $c$  des différentes régressions linéaires, et  $a \times b$  est le coefficient non standardisé de l'effet indirect

estimé avec le test *bootstrap*. À titre indicatif, le coefficient de la régression de la mesure comportementale d'intérêt par la covariable sera également indiqué par le coefficient *d* (Figure 45). Chaque représentation schématique sera accompagnée de deux représentations graphiques, réalisées à l'aide du logiciel Jamovi (*The Jamovi Project, 2021*), représentant d'une part le chemin a, d'autre part, les chemins b et c.

Appliquons, à présent, ce modèle général de médiation à notre étude (Figure 46). Ainsi, notre facteur est systématiquement le facteur catégoriel et inter-sujets Groupe à deux modalités (PPM ou Contrôle). Un facteur catégoriel nécessite le recours à un codage pour pouvoir être exploité. Nous avons utilisé un codage « *dummy* » de telle sorte que le facteur est codé 1 pour le groupe PPM et 0 pour le groupe Contrôle. Notre médiateur est systématiquement le facteur numérique inter-sujets Capacités métacognitives, basé sur l'indice de métacognition des élèves. Nous avons trois variables comportementales d'intérêt, toutes numériques : 1/ les performances scolaires en français, basées sur les scores bruts des élèves (Figure 46A), 2/ les performances scolaires en mathématiques, basée sur les scores bruts des élèves (Figure 46B), et 3/ l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires, basé sur l'indice d'ajustement (Figure 46C). Enfin, la covariable est systématiquement le facteur quantitatif de Développement cognitif, basé sur l'indice cognitif des élèves. Nous avons donc réalisé trois analyses de médiation différentes, une pour chaque variable comportementale d'intérêt.

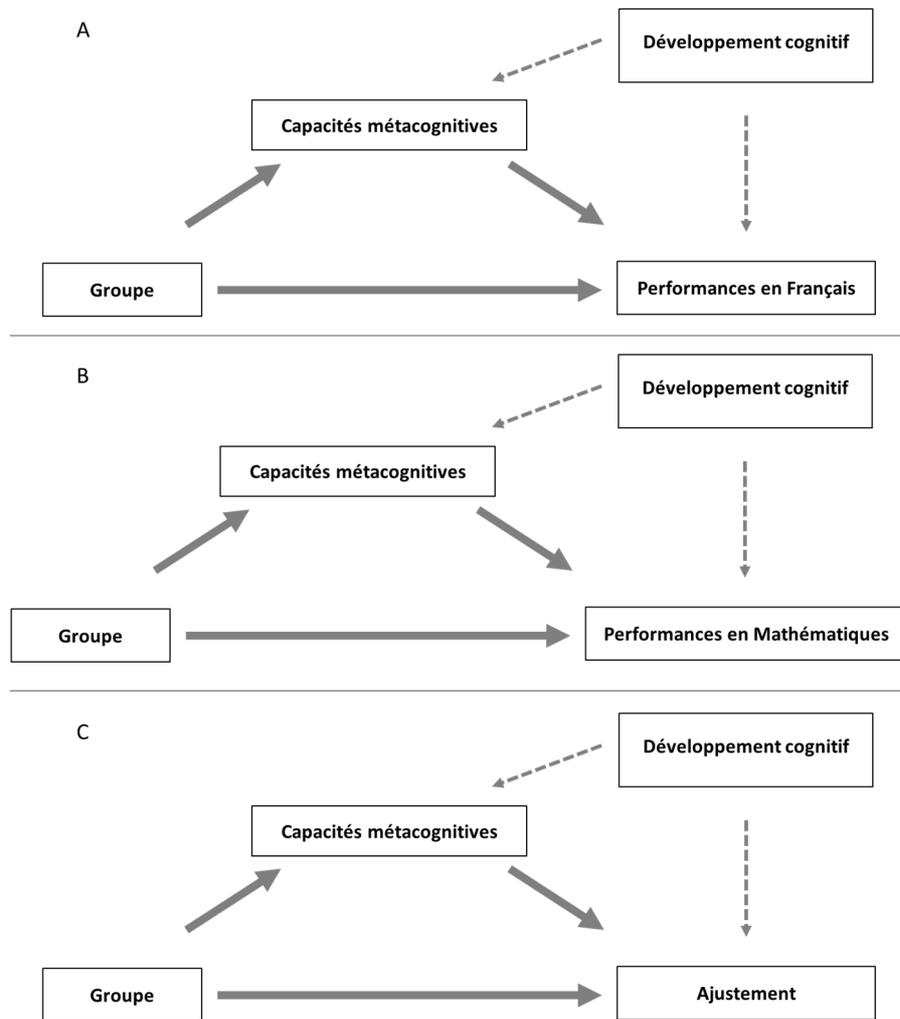


Figure 46 : Représentations schématiques des trois analyses de médiation en fonction de la variable comportementale d'intérêt : A- Analyse de médiation sur les performances scolaires en français, B- Analyse de médiation sur les performances scolaires en mathématiques, C- Analyse de médiation sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires

Par ailleurs, le modèle de médiation requiert de raisonner sur des gains pour inclure une variable intra-sujets. Aussi, pour pouvoir évaluer les bénéfices du PPM dans le temps, nous avons calculé les gains de chaque sujet en termes de capacités métacognitives, de performances scolaires en français, et de performances scolaires en mathématiques, d'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires et de développement cognitif. Afin de tester nos hypothèses sur les effets du PPM, ces gains ont été calculés entre le pré-test et le post-test immédiat (Figure 47 A). Nous avons également calculé ces gains entre le pré-test et l'évaluation mi-parcours (Figure 47 A1), puis entre l'évaluation mi-parcours et le post-test immédiat (Figure 47 A2), de façon à explorer des éventuels effets de contenus du PPM selon l'année d'enseignement (sans hypothèse *a priori*). Nous allons maintenant détailler les calculs de gains et leur sens.

Cela étant relativement intuitif, nous nous attarderons sur la spécificité propre à l'indice d'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires.

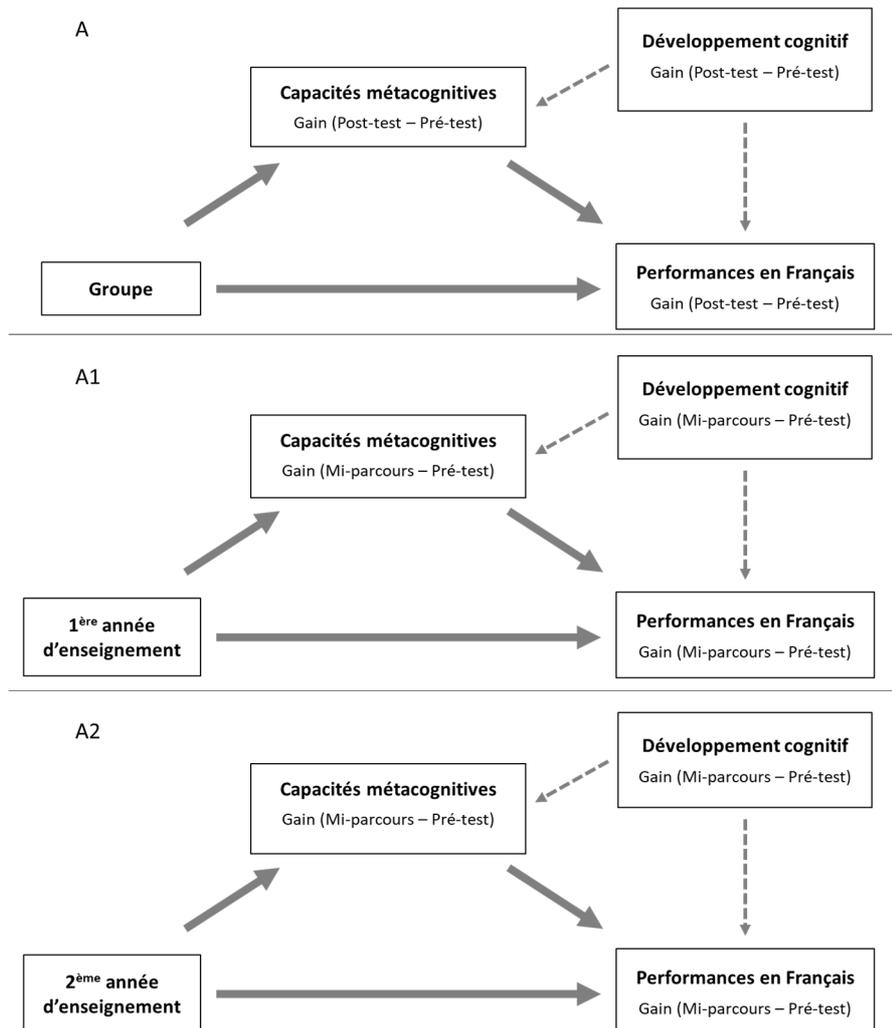


Figure 47 : Représentations schématiques des trois analyses de médiation réalisées par mesure comportementale d'intérêt, ici sur les performances en français : A- Analyse de médiation concernant la totalité de l'enseignement, A1- Analyse de médiation concernant la première année d'enseignement, A2- Analyse de médiation concernant la seconde année d'enseignement

Le calcul de gains entre deux temps d'évaluation suppose de soustraire le score obtenu (score brut ou indice selon la variable considérée) par l'élève au premier temps avec celui du second temps pour obtenir un score positif dans le cas d'un gain, ou un score négatif dans le cas d'une perte. Ce calcul a été appliqué pour les capacités métacognitives et les performances scolaires, sur la base des scores bruts respectifs obtenus par les élèves, et pour le développement cognitif sur la base de l'indice cognitif calculé dans la partie précédente. En revanche, le calcul du gain réalisé par chaque élève en termes d'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires, basé sur l'indice d'ajustement présenté dans la partie précédente, est différent de par la spécificité de l'échelle de mesure. Nous avons

soustrait la valeur absolue de l'indice d'ajustement du post-test immédiat à la valeur absolue de l'indice d'ajustement du Pré-test (*i.e.*, gain A = | score A pré-test | - | score A post-test immédiat | ). La signification de ce gain est quelque peu différente de celle de l'indice d'ajustement. En effet, le gain réalisé en termes d'ajustement correspond à l'évolution de l'indice d'ajustement vers 0, et peut donc être positif ou négatif. Un score de gain positif reflète alors une évolution positive chez l'élève, c'est-à-dire qu'il aura ajusté la perception qu'il a de son efficacité par rapport à ses performances scolaires. Dans ce cas, l'indice d'ajustement se sera rapproché de 0, quel que soit le point de départ (positif ou négatif). À l'inverse, un score de gain négatif reflète une évolution négative chez l'élève, c'est-à-dire qu'il n'aura pas ajusté la perception qu'il a de son efficacité par rapport à ses performances. Dans ce cas, l'indice d'ajustement se sera d'autant plus éloigné de 0, quel que soit le point de départ (positif ou négatif).

Nous avons également calculé la puissance statistique de notre étude quant à la probabilité de détecter un effet indirect significatif selon les recommandations de Schoemann et al. (2017). En fonction du modèle de médiation, de la taille de notre échantillon (N = 87 sujets), du nombre de *bootstrap* (5000), du taux d'erreur choisi ( $\alpha = 0.05$ ) et des corrélations minimales auxquelles nous nous attendons ( $r = 0.30$ ), la puissance de notre étude est de 0.46. Pour avoir une puissance statistique idéale, c'est-à-dire une probabilité de 80 % de détecter un effet indirect significatif, il aurait fallu que 150 sujets soient recrutés.

2.2.2. Résultats

Comme indiqué dans la Figure 48A, l'effet indirect du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en français, en tenant compte du Développement cognitif, n'est pas significatif ( $a \times b = 0.062$ ) puisque l'intervalle de confiance de 95% n'exclut pas 0 [-0.075 ; 0.418]. Dans l'effet indirect, le Groupe n'a pas d'effet significatif sur les Capacités métacognitives, en tenant compte du Développement cognitif ( $a = -1.477$  ;  $t = -0.759$  ;  $p > .05$  ; Figure 48B). En contrôlant le Groupe et le Développement cognitif, l'effet des Capacités métacognitives sur les performances scolaires en français n'est pas significatif ( $b = -0.042$  ;  $t = -1.530$  ;  $p > .05$  ; Figure 48C). De plus, l'effet direct du Groupe sur les performances scolaires en français, en tenant compte du Développement cognitif, n'est pas significatif ( $c = -0.407$  ;  $t = -0.828$  ;  $p > .05$  ; Figure 48C). Ces résultats indiquent donc une non-médiation sans effet.

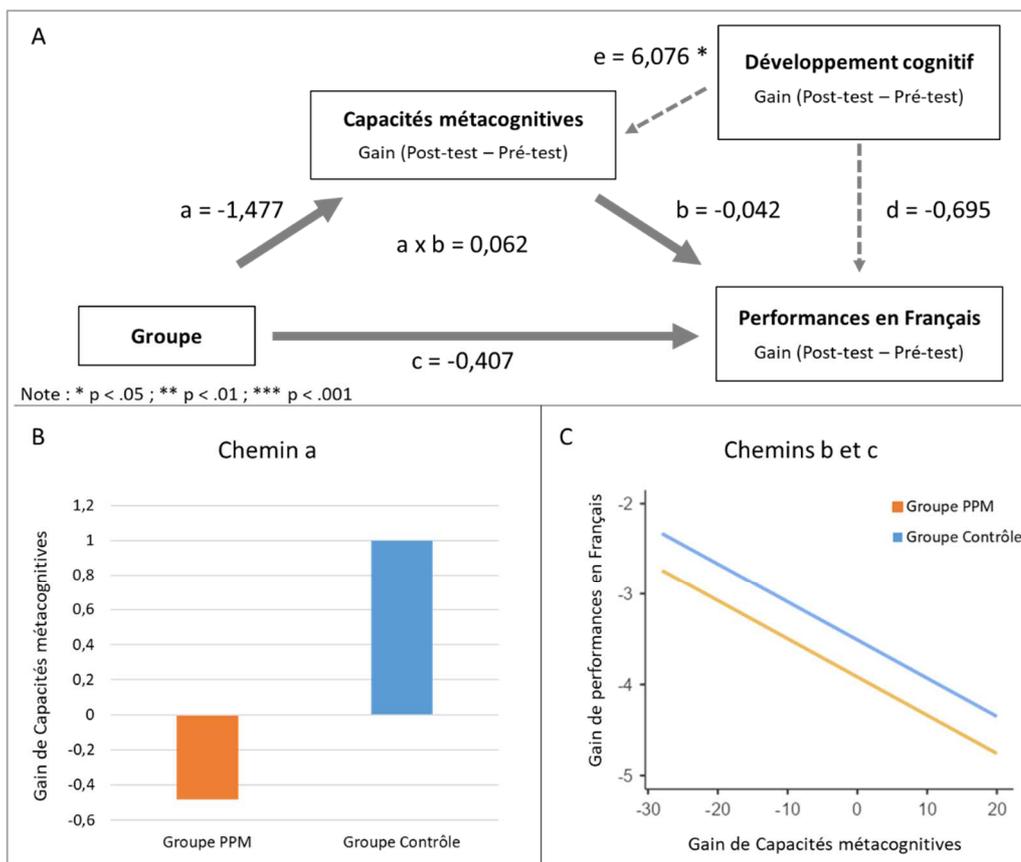


Figure 48 : Représentation de l'analyse de médiation de l'effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en français, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant les deux années d'enseignement : A/ Représentation schématique de l'analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l'effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l'effet du Groupe est illustré par l'écart entre les deux droites

Comme indiqué dans la Figure 49A, l'effet indirect du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en mathématiques, en tenant compte du Développement cognitif, n'est pas significatif ( $a \times b = 0.011$ ) puisque l'intervalle de confiance de 95% n'exclut pas 0 [-0.136 ; 0.162]. Dans l'effet indirect, le Groupe n'a pas d'effet significatif sur les Capacités métacognitives, en tenant compte du Développement cognitif ( $a = -1.477$  ;  $t = -0.759$  ;  $p > .05$  ; Figure 49B). En contrôlant le Groupe et le Développement cognitif, l'effet des Capacités métacognitives sur les performances scolaires en mathématiques n'est pas significatif ( $b = -0.008$  ;  $t = -0.228$  ;  $p > .05$  ; Figure 49C). De plus, l'effet direct du Groupe sur les performances scolaires en mathématiques, en tenant compte du Développement cognitif, n'est pas significatif ( $c = 0.128$  ;  $t = 0.214$  ;  $p > .05$  ; Figure 49C). Ces résultats indiquent donc une non-médiation sans effet.

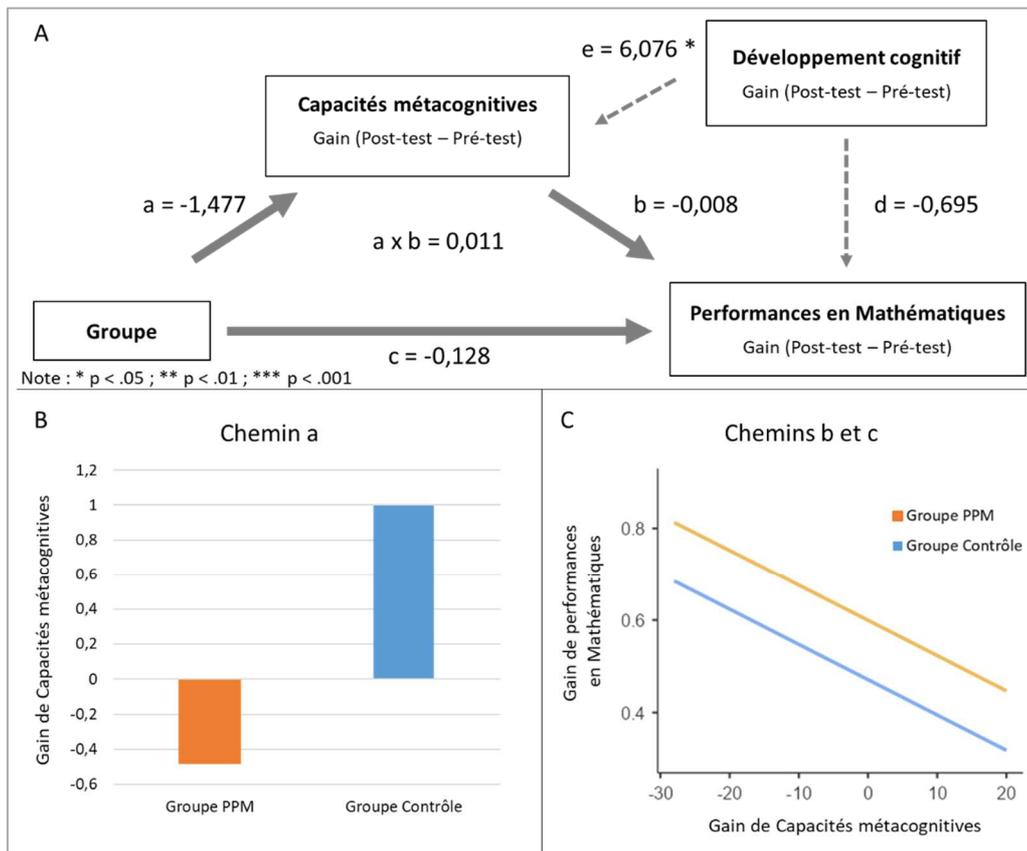


Figure 49 : Représentation de l'analyse de médiation de l'effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en mathématiques, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant les deux années d'enseignement : A/ Représentation schématique de l'analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l'effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l'effet du Groupe est illustré par l'écart entre les deux droites

Comme indiqué dans la Figure 50A, l'effet indirect du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires, en tenant compte du Développement cognitif, n'est pas significatif ( $a \times b = 0.058$ ) puisque l'intervalle de confiance de 95% n'exclut pas 0 [-0.102 ; 0.218]. Dans l'effet indirect, le Groupe n'a pas d'effet significatif sur les Capacités métacognitives, en tenant compte du Développement cognitif, ( $a = -1.477$  ;  $t = -0.759$  ;  $p > .05$  ; Figure 50B). En contrôlant le Groupe et le Développement cognitif, l'effet des Capacités métacognitives sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires est significatif et négatif ( $b = -0.039$  ;  $t = -2.792$  ;  $p = .007$  ; Figure 50C), tel qu'à chaque unité de gain gagnée en termes de Capacités métacognitives, les élèves ont régressé de 0.039 unités en termes de gain d'ajustement. De plus, l'effet direct du Groupe sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires, en tenant compte du Développement cognitif, n'est pas significatif ( $c = -0.137$  ;  $t = -0.545$  ;  $p > .05$  ; Figure 50C). Ces résultats indiquent donc une non-médiation sans effet.

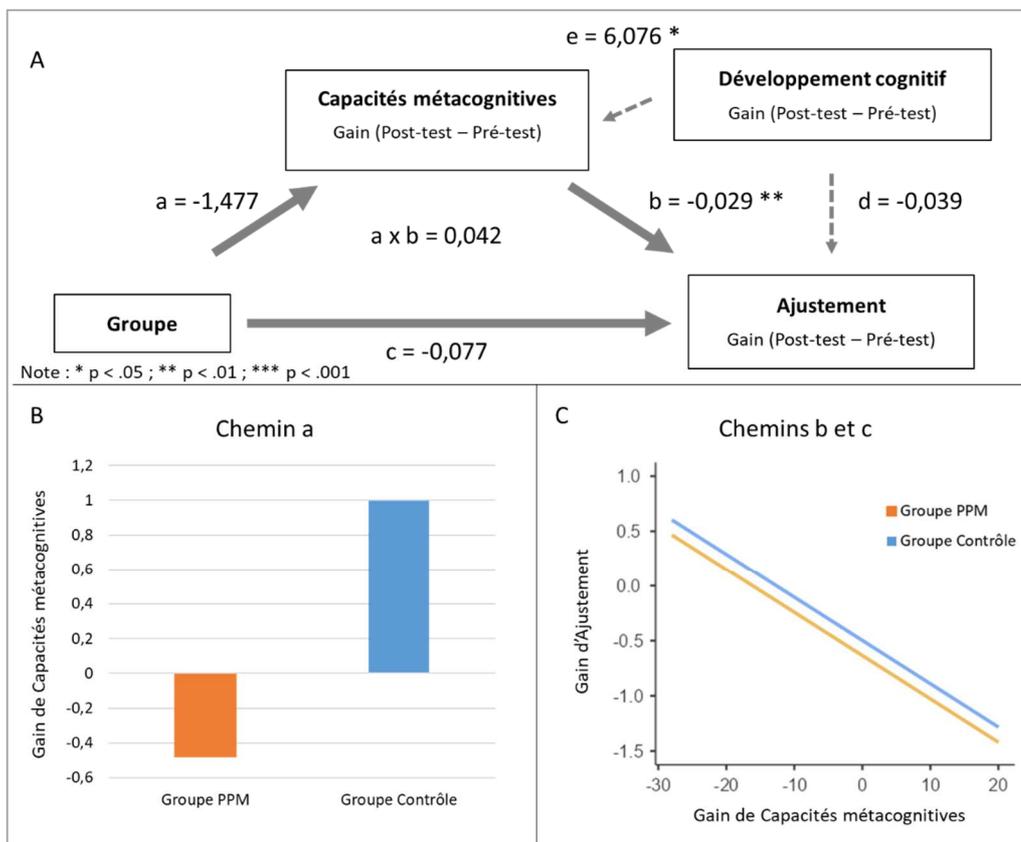


Figure 50 : Représentation de l'analyse de médiation de l'effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant les deux années d'enseignement : A/ Représentation schématique de l'analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l'effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l'effet du Groupe est illustré par l'écart entre les deux droites

### 2.3. Effets du PPM en fonction du Profil scolaire des élèves

#### 2.3.1. Analyses statistiques

Afin de déterminer si le PPM a davantage bénéficié aux élèves en difficulté, nous avons tenté d'identifier différents profils scolaires d'élèves, avant toute intervention, à l'aide de plusieurs variables. En l'absence, à notre connaissance, d'étude de référence dans ce domaine, nous avons choisi de sélectionner les variables psychologiques généralement associées aux performances scolaires. Dans ce cadre, il est préférable de revenir aux mesures d'origines pour éviter la concurrence de mesures trop fortement corrélées entre elles. Ainsi, il nous semblait pertinent de retenir les indices de mémoire générale, d'attention, d'apprentissage, le score d'intelligence, le score de sentiment d'auto-efficacité, les indices de régulation comportementale, de métacognition, ainsi que les performances scolaires en français et en mathématiques. Nous avons souhaité réaliser une Analyse en Composante Principale (ACP) sur ces mesures, à l'aide du logiciel Jamovi (*The Jamovi Project*, 2021), afin d'être parcimonieux et de faciliter les analyses ultérieures, tout en veillant à éviter la multicolinéarité<sup>42</sup> (Hair et al., 2010). Pour chaque mesure incluse dans l'ACP, le score obtenu par chaque élève au pré-test a été transformé en z-score. Chacun des z-scores a été calculé sur la base de la moyenne et de l'écart-type de tous les sujets au pré-test. Après avoir vérifié les conditions d'application de sphéricité et d'adéquation de l'échantillonnage, nous avons effectué l'ACP. Les facteurs ont été dégagés selon les recommandations de Hair et al. (2010) qui indiquent que le coefficient de saturation factorielle doit dépasser une valeur de 0.5 pour qu'une mesure soit considérée comme étant significativement liée au facteur sous-jacent.

À l'aide des facteurs dégagés par l'ACP, nous avons ensuite réalisé une analyse en cluster non-hiérarchique à l'aide du logiciel SPSS (version 25.0). Cela nous a permis de dégager des profils scolaires en mettant en évidence des différences significatives entre les groupes selon les facteurs déterminés par l'ACP. Ces différences sont révélées par des ANOVA à un facteur catégoriel inter-sujets, le Profil scolaire, ainsi que des analyses post-hoc avec la correction de Bonferroni. Les profils scolaires obtenus seront représentés schématiquement par des diagrammes de Kiviat (ou diagramme en radar), réalisés sur le logiciel *Excel 2016*.

---

<sup>42</sup> Selon Hair et al. (2010), la multicolinéarité est une situation où deux Variables Indépendantes (ou plus) sont fortement liées linéairement. Selon Dormann et al. (2013), l'inspection de la matrice de corrélation des VI est un des moyens permettant d'identifier la présence de multicolinéarité, notamment lorsqu'un coefficient de corrélation entre VI est supérieur à 0.7.

La mise en évidence des profils d'élèves réduit automatiquement les effectifs par sous-groupe et ne permet plus de poursuivre les analyses de médiation précédemment effectuées sur les effets du PPM. Aussi, nous avons choisi de tester l'effet direct du PPM en fonction du Profil scolaire des élèves et du Temps sur nos variables comportementales d'intérêt en réalisant des ANOVA à mesures répétées. Le développement cognitif des élèves n'a pas été considéré dans ces analyses afin de ne pas alourdir davantage le modèle statistique. Les ANOVA à mesures répétées ont été réalisées après avoir vérifié les conditions d'applications de celles-ci, c'est-à-dire la normalité de la distribution des résidus de chaque groupe par un test de Levene et l'homogénéité des variances et des covariances (hypothèse de sphéricité) par un test de Mauchly. En cas de défaut d'homogénéité des variances et des co-variances, seule condition face à laquelle l'ANOVA à mesures répétées n'est pas robuste, nous avons appliqué la correction de Greenhouse-Geisser (GGe). Chacune des ANOVA à mesures répétées comportait donc deux facteurs catégoriels inter-sujets, le Groupe ainsi que le Profil scolaire des élèves, et un facteur catégoriel intra-sujets, le Temps. Pour ce qui est des variables comportementales d'intérêt, nous avons utilisé les scores bruts obtenus par les élèves à chaque temps d'évaluation (performances scolaires en français, performances scolaires en mathématiques, indice d'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires). Les résultats des ANOVA à mesures répétées seront représentés graphiquement en fonction du Groupe, du Profil scolaire des élèves, et du Temps pour chaque mesure comportementale d'intérêt. De manière systématique, nous avons reporté la valeur du  $F$  de Fisher, la valeur de  $p$  associée, et lorsque l'effet était significatif, nous avons également reporté la taille de l'effet avec l'éta carré partiel ( $\eta_p^2$ ). Pour les analyses *post-hoc*, nous avons eu recours aux corrections de Tukey ( $p_{tukey}$ ) et de Bonferroni ( $p_{bonf}$ ) lorsque cela était nécessaire. Elles sont détaillées et accompagnées des moyennes et des écart-types des sous-groupes concernés, ainsi que des valeurs de  $p$  associées aux comparaisons deux à deux. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Jamovi (*The Jamovi Project*, 2021).

### 2.3.2. Les profils scolaires identifiés

Les résultats de l'ACP, présentés dans le Tableau 16, montrent l'existence de quatre facteurs distincts. Le premier facteur regroupe les indices de mémoire générale, d'attention, d'apprentissage, ainsi que les performances scolaires en français et en mathématiques. Bien que les coefficients de saturation factorielle des deux scores de performances scolaires soient supérieurs à 0.5, nous avons pris le parti de les isoler des trois autres indices dans la mesure

où ils représentent des construits distincts<sup>43</sup>. De cette façon, nous identifions un premier facteur, que nous nommerons Performances scolaires, issu des performances scolaires en français et en mathématiques, et un second facteur, que nous nommerons Mémoire, issu des indices de mémoire générale, d'attention, et d'apprentissage. Le score d'intelligence présente une saturation factorielle croisée entre l'indice de capacités mnésiques (coefficient de saturation = 0.409) et un facteur isolé (coefficient de saturation = 0.784). Le second coefficient de saturation factoriel est le seul qui soit significatif, ce qui implique l'existence d'un troisième facteur isolé, que nous nommerons Intelligence. Les résultats de l'ACP identifient un quatrième facteur isolé au travers de la mesure du sentiment d'auto-efficacité qui présente un coefficient de saturation égal à 0.910, et que nous nommerons Sentiment d'auto-efficacité. Enfin, le dernier facteur mis en évidence, que nous nommerons Contrôle, se compose des indices de régulation comportementale, et de métacognition. En l'absence de multicollinéarité avérée (Tableau 17), ces cinq facteurs ont donc été retenus pour l'analyse en clusters non-hiérarchique (Performances scolaires, Mémoire, Intelligence, Sentiment d'auto-efficacité, et Contrôle). L'analyse en cluster non-hiérarchique réalisée sur l'ensemble de l'échantillon a permis d'identifier quatre profils scolaires d'élèves.

Tableau 16 : Tableau des coefficients de saturation factorielle des variables obtenus par l'ACP

	Composant		Unicité
	1	2	
Indice de mémoire générale	0.834		0.291
Indice d'attention	0.664		0.521
Indice d'apprentissage	0.710		0.462
Score d'intelligence	0.409		0.784
Sentiment d'auto-efficacité			0.910
Indice de régulation comportementale		0.867	0.248
Indice de métacognition		0.859	0.254
Performances scolaires en français	0.786		0.338
Performances scolaires en mathématiques	0.744		0.428

<sup>43</sup> Afin de nous assurer que ce choix n'a pas orienté les résultats obtenus, nous avons effectué, *a posteriori*, une nouvelle analyse en cluster non-hiérarchique sur la base des facteurs proposés initialement par l'ACP. Les résultats de ces analyses de contrôle figurent en Annexe 23. Ils sont semblables à ceux obtenus avec l'analyse en 5 facteurs, à la différence qu'ils ne permettent pas de distinguer les profils scolaires d'élèves sur la base du premier facteur que nous avons rejeté, qui regroupe les indices de mémoire générale, d'attention, d'apprentissage, ainsi que les performances scolaires en français et en mathématiques.

Tableau 17 : Matrice de corrélation entre les différents facteurs retenus pour l'analyse en cluster

	1. Performances scolaires	2. Mémoire	3. Intelligence	4. Sentiment d'auto-efficacité	5. Contrôle
1. Performances scolaires	-	<.001	.009	0.141	.115
2. Mémoire	0.635	-	.014	.079	.549
3. Intelligence	0.279	0.264	-	.759	.083
4. Sentiment d'auto-efficacité	0.159	0.189	0.033	-	0.381
5. Contrôle	-0.170	-0.065	-0.187	-0.095	-

Le Profil scolaire 1 est constitué de 24 élèves âgés en moyenne de 11 ans et 3 mois ( $sd = 6$  mois), dont 9 sont issus du groupe PPM (0 fille ; âge moyen = 11 ans et 3 mois,  $sd = 3$  mois ; IPSE = 62.1,  $sd = 19.6$ ), et 15 du groupe Contrôle (6 filles ; âge moyen = 11 ans et 2 mois,  $sd = 6$  mois ; IPSE = 64.7,  $sd = 13.1$  ; Tableau 18). Les élèves du Profil scolaire 1 se caractérisent par des capacités cognitives efficaces, ainsi qu'un sentiment d'auto-efficacité élevé et ajusté au regard de leurs performances scolaires supérieures à celles de la moyenne de l'échantillon (Tableau 19). Ce profil scolaire représente les élèves que nous nommerons « efficaces - confiants » (Figure 51.1).

Tableau 18 : Caractéristiques sociodémographiques des enfants en fonction du Profil scolaire et du Groupe

Profil	Profil scolaire 1		Profil scolaire 2		Profil scolaire 3		Profil scolaire 4	
	PPM	Contrôle	PPM	Contrôle	PPM	Contrôle	PPM	Contrôle
Nombre d'élèves	9	15	10	5	11	10	16	11
Âge en mois m (sd)	136 (2.6)	134 (6.9)	137 (2.5)	137 (6.5)	135 (3.9)	134 (6.6)	134 (3.0)	136 (4.3)
Sexe N fille (% fille)	0 (0%)	6 (40%)	8 (80%)	3 (60%)	2 (18%)	3 (30%)	11 (69%)	5 (45%)
IPSE m (sd)	62.1 (19.6)	64.7 (13.1)	56.0 (16.5)	48.2 (8.4)	51.4 (14.0)	46.7 (14.7)	54.0 (17.3)	61.7 (10.7)

Tableau 19 : Données descriptives et comparaison de moyenne des profils d'élèves identifiés

Variable	Profil scolaire 1 (n = 24)	Profil scolaire 2 (n = 15)	Profil scolaire 3 (n = 21)	Profil scolaire 4 (n = 27)	F	Comparaisons
Mémoire	0.63 (0.09)	-0.32 (0.11)	-0.12 (0.09)	0.05 (0.08)	18.8 ***	1 > 4 = 3 = 2
Intelligence	0.70 (0.16)	-1.00 (0.20)	-0.53 (0.17)	0.35 (0.15)	19.8 ***	1 = 4 > 3 = 2
Sentiment d'auto-efficacité	0.82 (0.13)	0.87 (0.16)	-0.47 (0.14)	-0.86 (0.12)	43.0 ***	1 = 2 > 3 = 4
Contrôle	0.25 (0.13)	0.13 (0.17)	-1.04 (0.14)	0.51 (0.13)	24.2 ***	4 = 1 = 2 > 3
Performances scolaires	0.80 (0.15)	-0.46 (0.18)	-0.65 (0.16)	0.04 (0.14)	18.0 ***	1 > 4 > 3 = 2

Note : \*\*\*  $p < 0.001$

Le Profil 2 est constitué de 15 élèves âgés en moyenne de 11 ans et 5 mois ( $sd = 4$  mois), dont 10 sont issus du groupe PPM (8 filles ; âge moyen = 11 ans et 5 mois,  $sd = 2$  mois ; IPSE = 56,  $sd = 16.5$ ), et 5 du groupe Contrôle (3 filles ; âge moyen = 11 ans et 5 mois,  $sd = 6$  mois ; IPSE = 48.2,  $sd = 8.41$  ; Tableau 18). Les élèves du Profil 2 se caractérisent par de faibles capacités sur le plan mnésique et intellectuel malgré des capacités de contrôle moyennes. En dépit de ces difficultés, ils présentent un fort sentiment d'auto-efficacité (équivalent à celui des élèves du profil scolaire 1) mais non-ajustés face à leurs performances scolaires en dessous de celles de la moyenne de l'échantillon (Tableau 19). Ce profil scolaire rassemble les élèves que nous nommerons « faiblement efficaces - confiants » (Figure 51.2).

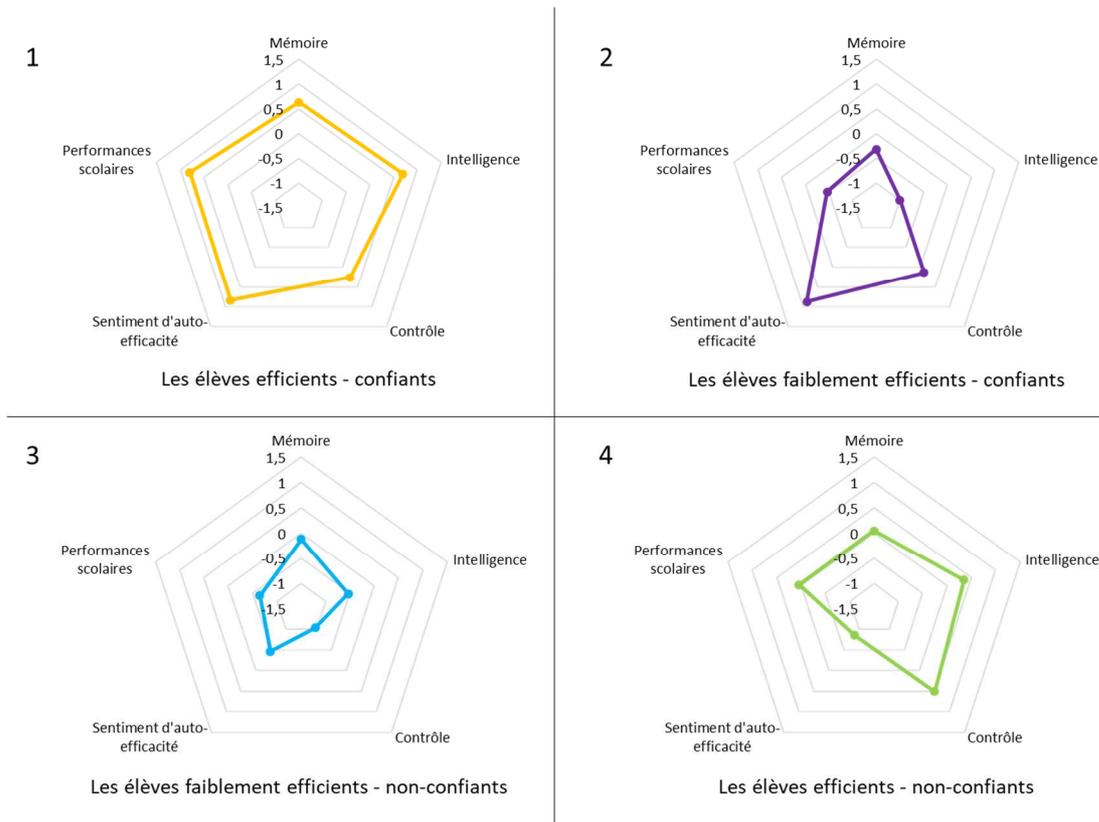


Figure 51 : Profils scolaires d'élèves identifiés par l'analyse en cluster en fonction des facteurs de Mémoire, d'Intelligence, de Contrôle, de Sentiment d'auto-efficacité et des Performances scolaires : 1/ Profil scolaire 1 représentant les capacités des élèves efficaces – confiants, 2/ Profil scolaire 2 représentant les capacités des élèves faiblement efficaces – confiants, 3/ Profil scolaire 3 représentant les capacités des élèves faiblement efficaces – non-confiants, 4/ Profil scolaire 4 représentant les capacités des élèves efficaces – non-confiants

Le Profil 3 est constitué de 21 élèves âgés en moyenne de 11 ans et 3 mois ( $sd = 5$  mois), dont 11 sont issus du groupe PPM (2 filles ; âge moyen = 11 ans et 3 mois,  $sd = 4$  mois ; IPSE = 51.4,  $sd = 14$ ), et 10 du groupe Contrôle (3 filles ; âge moyen = 11 ans et 2 mois,  $sd = 7$  mois ; IPSE = 46.7,  $sd = 14.7$  ; Tableau 18). Les élèves du Profil 3 se caractérisent globalement par de fragiles capacités mnésiques et intellectuelles et surtout par des difficultés de contrôle. Ces élèves présentent un sentiment d'auto-efficacité plutôt en adéquation avec leurs performances scolaires en dessous de celles de la moyenne de l'échantillon (équivalentes à celles des élèves du profil scolaire 2 ; Tableau 19). Ce profil scolaire regroupe les élèves que nous nommerons « faiblement efficaces - non-confiants » (Figure 51.3).

Enfin, le Profil 4 est constitué de 27 élèves âgés en moyenne de 11 ans et 3 mois ( $sd = 3$  mois), dont 16 sont issus du groupe PPM (11 filles ; âge moyen = 11 ans et 2 mois,  $sd = 3$  mois ; IPSE = 54.0,  $sd = 17.3$ ), et 11 du groupe Contrôle (5 filles ; âge moyen = 11 ans et 4 mois,  $sd = 4$  mois ; IPSE = 61.7,  $sd = 10.7$  ; Tableau 18). Les élèves du Profil 4 se

caractérisent globalement par des capacités cognitives moyennes, légèrement au-dessus de la moyenne de l'échantillon, tout en présentant un sentiment d'auto-efficacité aussi dégradé que les élèves du profil scolaire 3, et qui s'avère donc non-ajusté (Tableau 19). Ce profil scolaire réunit les élèves que nous nommerons « efficaces - non-confiants » (Figure 51.4).

En résumé, nous avons identifié 4 profils d'élèves. Les élèves efficaces - confiants présentent des performances cognitives et scolaires au-dessus de la moyenne générale, et se perçoivent comme efficaces. Nous considérons ces élèves comme des élèves qui ne présentent pas de difficultés scolaires. Les élèves faiblement efficaces - non-confiants font état de performances cognitives et scolaires, globalement, en-dessous de la moyenne générale, tout en présentant un fort sentiment d'auto-efficacité. Cette inadéquation nous amène à considérer ces élèves comme étant en difficulté dans la reconnaissance de leurs faiblesses. Les élèves faiblement efficaces - non-confiants dévoilent également de faibles capacités cognitives et scolaires, aux côtés d'un faible sentiment d'auto-efficacité. Ces élèves nous semblent également en difficulté mais probablement par manque de stratégies efficaces pour progresser. Enfin, les élèves efficaces - non-confiants nous montrent des performances cognitives et scolaires dans la moyenne générale, voire au-dessus de celle-ci, en même temps qu'un sentiment d'auto-efficacité très dégradé. Ces élèves nous apparaissent en difficulté, sur un autre versant, en ne parvenant pas à reconnaître leurs possibilités de performances.

Nous allons maintenant tenter de déterminer si le Groupe a un effet en fonction du Profil scolaire et du Temps sur les performances scolaires des élèves en français, en mathématiques, et sur l'indice d'ajustement de leur sentiment d'auto-efficacité à leurs performances scolaires.

2.3.3. Effets sur les performances scolaires en français

Nous n'observons pas d'effet d'interaction significatif ni entre le Groupe, le Profil scolaire, et le Temps ( $F_{GGe(4.99;131.39)} = 0.65 ; p > .05$ ), ni entre le Groupe et le Profil scolaire ( $F_{(3;79)} = 1.72 ; p > .05$ ), ni entre le Groupe et le Temps ( $F_{GGe(1.66;131.39)} = 2.03 ; p > .05$ ), ni entre le Profil scolaire et le Temps ( $F_{GGe(4.99;131.39)} = 1.30 ; p > .05$ ), sur les performances scolaires en français. Nous observons un effet significatif du Profil scolaire ( $F_{(3;79)} = 14.05 ; p < .001 ; \eta_p^2 = 0.35$ ), du Temps ( $F_{GGe(1.66;131.39)} = 255.84 ; p < .001 ; \eta_p^2 = 0.76$ ), mais pas du Groupe ( $F_{(1;79)} = 2.32 ; p > .05 ;$  Figure 52).

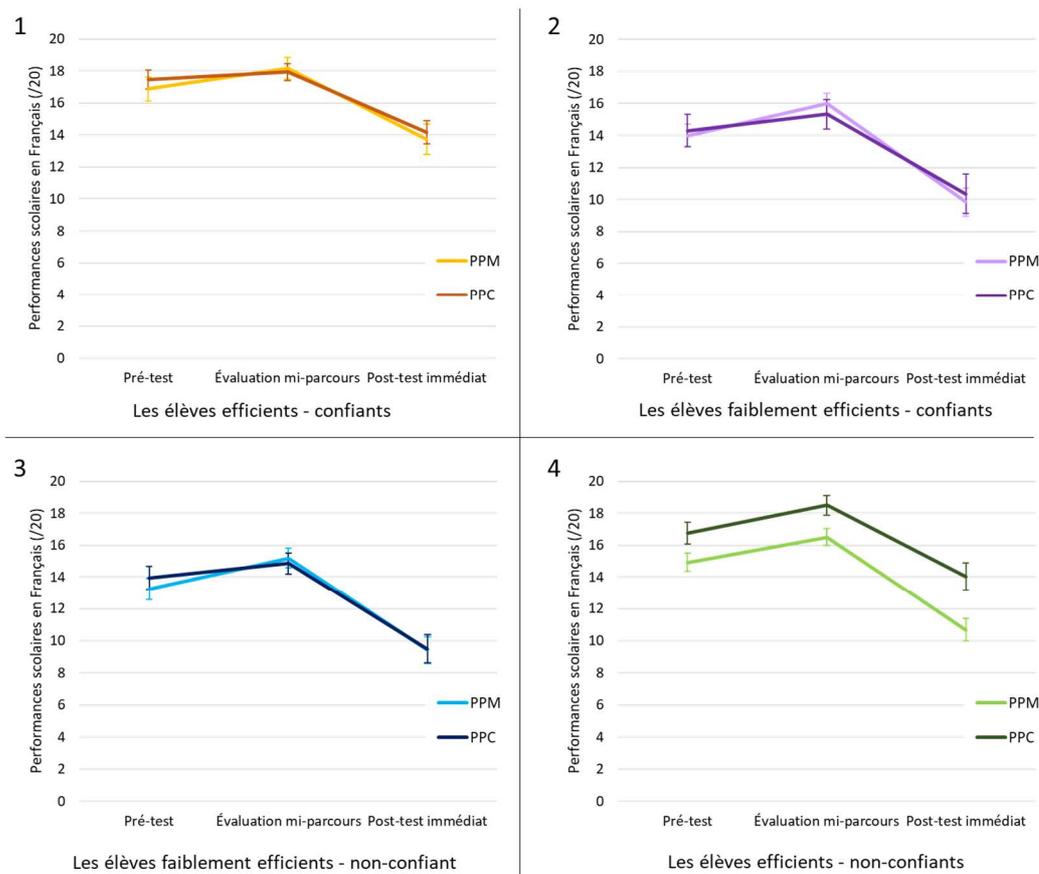


Figure 52 : Représentation graphique de l'évolution des performances scolaires en français en fonction du Groupe, du Profil scolaire et du Temps : 1/ Évolution des élèves efficients – confiants, 2/ Évolution des élèves faiblement efficients – confiants, 3/ Évolution des élèves faiblement efficients – non-confiant, 4/ Évolution des élèves efficients – non-confiants

Globalement, les élèves efficients - confiants ( $m = 16.4 ; sd = 0.44 ;$  Figure 52.1) et les élèves efficients - non-confiants ( $m = 15.2 ; sd = 0.41 ;$  Figure 52.4) présentent des performances scolaires en français semblables ( $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$ ) et significativement meilleures que les élèves faiblement efficients - confiants ( $m = 13.3 ; sd = 0.57 ;$  Figure 52.2) et les élèves faiblement efficients - non-confiants ( $m = 12.7 ; sd = 0.45 ;$  Figure 52.3 ; tous les  $p_{tukey} < .05$  et  $p_{bonf} < .05 ;$  Figure 58.3) quel que soit le Groupe et le Temps. De plus, les

performances scolaires en français ont significativement augmenté entre le pré-test ( $m = 15.20$  ;  $sd = 0.26$ ) et l'évaluation mi-parcours ( $m = 16.60$  ;  $sd = 0.23$  ;  $p_{tukey} < .001$  et  $p_{bonf} < .001$ ), puis ont significativement diminué entre l'évaluation mi-parcours et le post-test immédiat ( $m = 11.50$  ;  $sd = 0.32$  ;  $p_{tukey} < .001$  et  $p_{bonf} < .001$ ) quel que soit le Groupe et le Profil scolaire des élèves.

### 2.3.4. Effets sur les performances en mathématiques

Nous observons un effet d'interaction significatif entre le Groupe et le Profil scolaire ( $F_{(3;79)} = 7.74$  ;  $p < .001$  ;  $\eta_p^2 = 0.23$ ), mais pas entre le Groupe et le Temps ( $F_{GGe(1.84;145.22)} = 2.58$  ;  $p > .05$ ), ni entre le Profil scolaire et le Temps ( $F_{GGe(5.51;145.22)} = 0.95$  ;  $p > .05$ ), ni entre le Groupe, le Profil scolaire, et le Temps ( $F_{GGe(5.51;145.22)} = 1.81$  ;  $p > .05$ ) sur les performances scolaires en mathématiques. Nous observons un effet significatif du Profil scolaire ( $F_{(3;79)} = 24.58$  ;  $p < .001$  ;  $\eta_p^2 = 0.48$ ), du Temps ( $F_{GGe(1.84;145.22)} = 29.36$  ;  $p < .001$  ;  $\eta_p^2 = 0.27$ ), mais pas du Groupe ( $F_{(1;79)} = 0.54$  ;  $p > .05$  ; Figure 53).

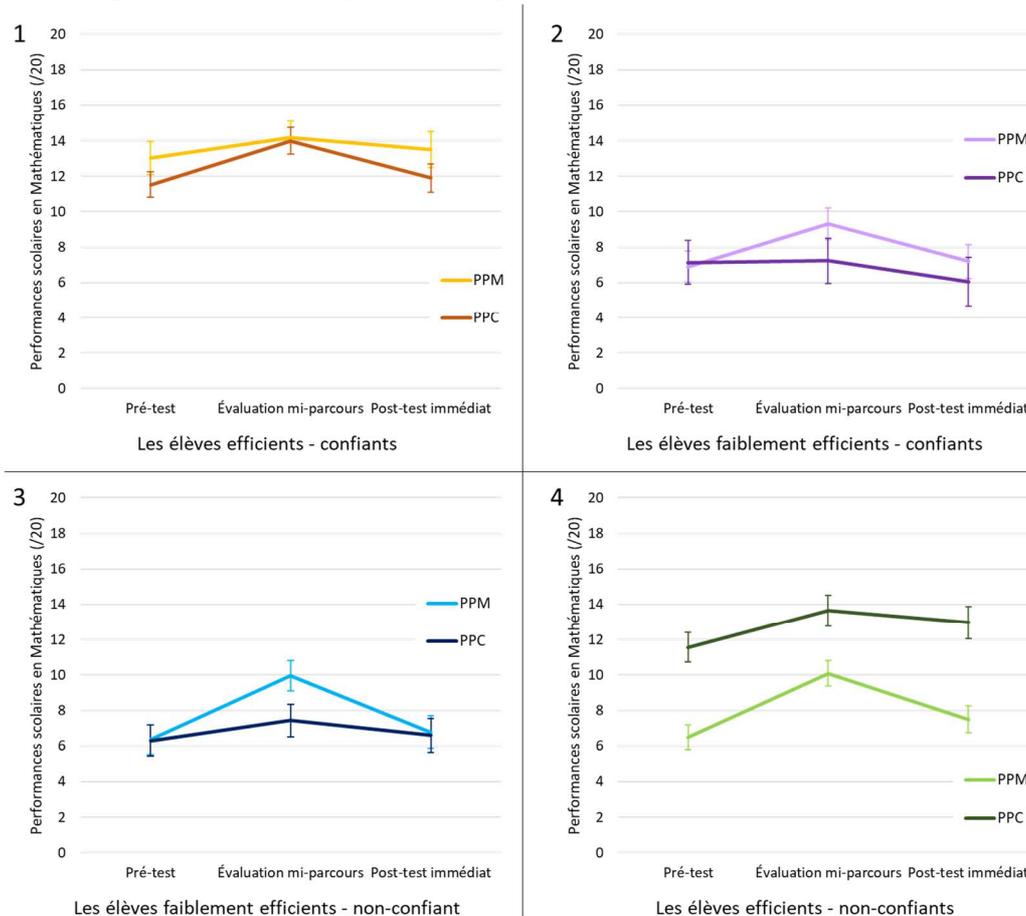


Figure 53 : Représentation graphique de l'évolution des performances scolaires en mathématiques en fonction du Groupe, du Profil scolaire et du Temps : 1/ Évolution des élèves efficients – confiants, 2/ Évolution des élèves faiblement efficients – confiants, 3/ Évolution des élèves faiblement efficients – non-confiant, 4/ Évolution des élèves efficients – non-confiants

Les analyses post-hoc de l'effet d'interaction entre le Groupe et le Profil scolaire nous indique que les élèves de chaque profil scolaire présentent des performances scolaires en mathématiques semblables qu'ils soient dans le groupe PPM ou Contrôle (tous les  $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$ ), sauf les élèves efficients - non-confiants. En effet, les élèves efficients - non-confiants du groupe PPM ( $m = 8.03$  ;  $sd = 0.63$  ; Figure 53.4) présentaient des performances scolaires en mathématiques significativement inférieures à celles des élèves efficients - non-confiants du groupe Contrôle ( $m = 12.72$  ;  $sd = 0.75$  ;  $p_{tukey} < .001$  et  $p_{bonf} < .001$ ), et ce quel que soit le Temps. Par ailleurs, les élèves efficients - confiants ( $m = 13.02$  ;  $sd = 0.53$  ; Figure 53.1) présentent des performances scolaires en mathématiques significativement supérieures à celles des élèves efficients - non-confiants ( $m = 10.37$  ;  $sd = 0.49$  ;  $p_{tukey} < .005$  et  $p_{bonf} < .005$  ; Figure 53.4). Ces derniers présentent des performances scolaires en mathématiques significativement supérieures à celles des élèves faiblement efficients - confiants ( $m = 7.31$  ;  $sd = 0.69$  ; Figure 53.2) et des élèves faiblement efficients - non-confiants ( $m = 7.23$  ;  $sd = 0.55$  ; tous les  $p_{tukey} < .005$  et  $p_{bonf} < .005$  ; Figure 53.3), et ce quel que soit le Groupe et le Temps. Enfin, les performances scolaires en mathématiques ont significativement augmenté entre le pré-test ( $m = 8.66$  ;  $sd = 0.31$ ) et l'évaluation mi-parcours ( $m = 10.73$  ;  $sd = 0.32$  ;  $p_{tukey} < .001$  et  $p_{bonf} < .001$ ), puis ont significativement diminué entre l'évaluation mi-parcours et le post-test immédiat ( $m = 9.06$  ;  $sd = 0.35$  ;  $p_{tukey} < .001$  et  $p_{bonf} < .001$ ) pour revenir à un niveau équivalent à celui du pré-test ( $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$ ), et ce quel que soit le Groupe et le Profil scolaire des élèves.

### 2.3.5. Effets sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires

Nous observons un effet d'interaction significatif entre le Groupe, le Profil scolaire, et le Temps ( $F_{GG\epsilon(3.99;105.15)} = 3.58$  ;  $p < .01$  ;  $\eta_p^2 = 0.12$ ) sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires. Nous observons un effet d'interaction significatif entre le Groupe et le Profil scolaire ( $F_{(3;79)} = 6.40$  ;  $p < .001$  ;  $\eta_p^2 = 0.19$ ), mais pas entre le Groupe et le Temps ( $F_{GG\epsilon(1.33;105.15)} = 0.42$  ;  $p > .05$ ), ni entre le Profil scolaire et le Temps ( $F_{GG\epsilon(3.99;105.15)} = 0.86$  ;  $p > .05$ ) sur l'indice d'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires. Nous observons un effet significatif du Profil scolaire ( $F_{(3;79)} =$

12.11 ;  $p < .001$  ;  $\eta_p^2 = 0.31$ ), du Temps ( $F_{GGe(1.33;105.15)} = 5.41$  ;  $p < .01$  ;  $\eta_p^2 = 0.06$ ), mais pas du Groupe ( $F_{(1;79)} = 0.06$  ;  $p > .05$  ; Figure 54).

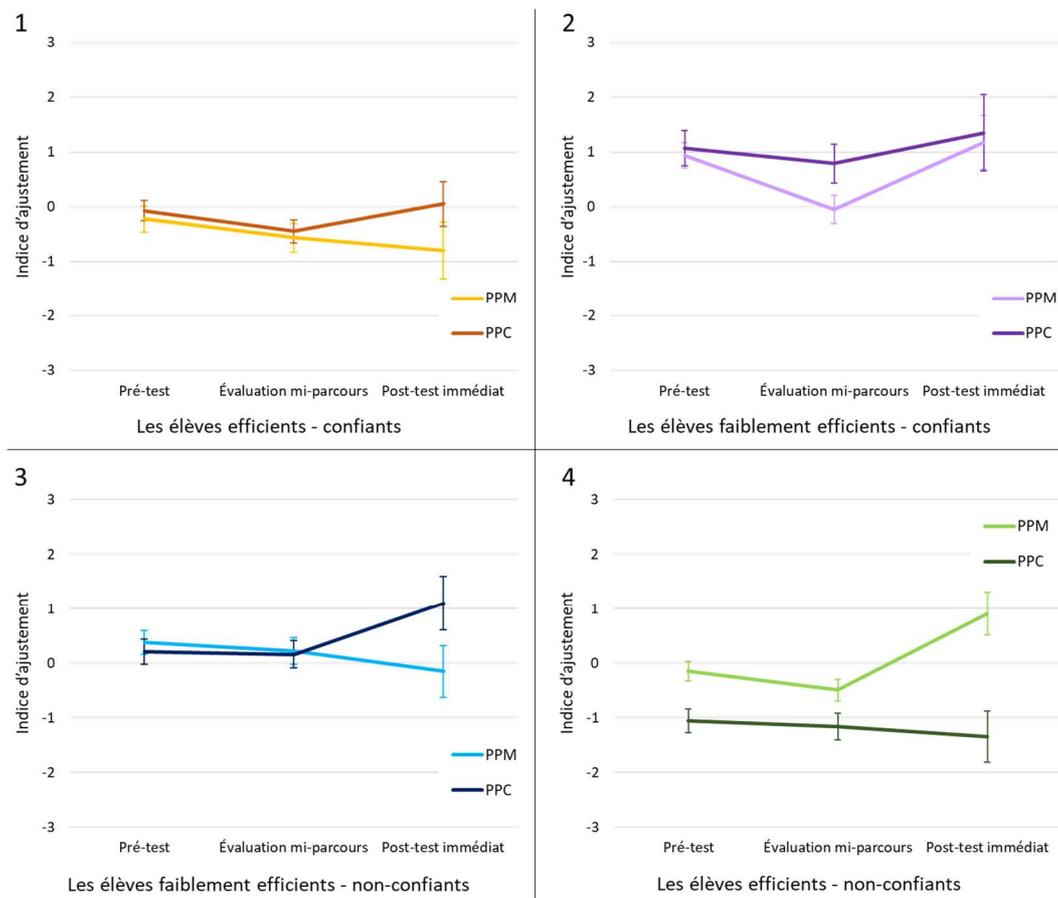


Figure 54 : Représentation graphique de l'évolution de l'indice d'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires en fonction du Groupe, du Profil scolaire et du Temps : 1/ Évolution des élèves efficients – confiants, 2/ Évolution des élèves faiblement efficients – confiants, 3/ Évolution des élèves faiblement efficients – non-confiant, 4/ Évolution des élèves efficients – non-confiants

Les analyses post-hoc de l'effet d'interaction entre le Groupe, le Profil scolaire et le Temps n'indiquent aucune différence significative pour les élèves efficients - confiants (tous les  $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$  ; Figure 54.1) et les élèves faiblement efficients - non-confiants ( $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$  ; Figure 54.3). En ce qui concerne les élèves faiblement efficients – confiants, l'indice d'ajustement des élèves du groupe PPM a significativement diminué entre le pré-test ( $m = 0.94$  ;  $sd = 0.23$  ; Figure 54.2) et l'évaluation mi-parcours ( $m = -0.04$  ;  $sd = 0.25$  ;  $p_{tukey} < .01$  et  $p_{bonf} < .01$ ) mais reste inchangé entre l'évaluation mi-parcours et le post-test immédiat et semblable à celui du pré-test ( $m = 1.17$  ;  $sd = 0.49$  ; tous les  $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$ ). En revanche, l'indice d'ajustement des élèves du groupe Contrôle semble être resté constant entre les différents Temps (tous les  $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$ ). Malgré cette différence de trajectoire, les élèves des deux groupes n'étaient pas significativement

différents à chaque Temps (tous les  $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$ ). En ce qui concerne les élèves efficients - non-confiants, les analyses post-hoc avec la correction de Tukey laissent apparaître des effets tendanciels (Figure 54.4). L'indice d'ajustement des élèves du groupe PPM ne semble pas avoir évolué entre le pré-test ( $m = -0.15$  ;  $sd = 0.18$ ) et l'évaluation mi-parcours ( $m = 0.49$  ;  $sd = 0.20$  ;  $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$ ), mais a tendanciellement augmenté entre l'évaluation mi-parcours et le post-test immédiat ( $m = 0.91$  ;  $sd = 0.39$  ;  $p_{tukey} = .08$  et  $p_{bonf} = .15$ ). En revanche, l'indice d'ajustement des élèves du groupe Contrôle semble être resté constant entre les différents Temps (tous les  $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$ ). Cette augmentation tendancielle de l'indice d'ajustement des élèves du groupe PPM est concomitante avec une différence tendancielle entre les deux groupes au post-test immédiat ( $m_{Contrôle} = -1.34$  ;  $sd = 0.47$  ;  $p_{tukey} = .06$  et  $p_{bonf} = .12$ ), qui ne semblait pas être présente au pré-test et à l'évaluation mi-parcours (tous les  $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$ ).

Par ailleurs, les élèves efficients - non-confiants ( $m = -0.55$  ;  $sd = 0.15$ ) présentent un indice d'ajustement semblable à celui des élèves efficients - confiants ( $m = -0.34$  ;  $sd = 0.17$  ;  $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$ ). Ces deux groupes d'élèves présentent un indice d'ajustement significativement inférieur à celui des élèves faiblement efficients - non-confiants ( $m = 0.32$  ;  $sd = 0.17$ ) et des élèves faiblement efficients - confiants ( $m = 0.88$  ;  $sd = 0.22$  ; tous les  $p_{tukey} < .05$  et  $p_{bonf} < .05$ ), et ce quel que soit le Groupe et le Temps. De plus, l'indice d'ajustement a significativement diminué entre le pré-test ( $m = 0.14$  ;  $sd = 0.08$ ) et l'évaluation mi-parcours ( $m = -0.19$  ;  $sd = 0.09$  ;  $p_{tukey} < .001$  et  $p_{bonf} < .001$ ), puis a significativement augmenté entre l'évaluation mi-parcours et le post-test immédiat ( $m = 0.29$  ;  $sd = 0.18$  ;  $p_{tukey} < .05$  et  $p_{bonf} < .05$ ) pour revenir à un niveau équivalent à celui du pré-test ( $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$ ), et ce quel que soit le Groupe et le Profil scolaire. Les élèves de chaque profil présentent un indice d'ajustement semblable qu'ils soient dans le groupe PPM ou Contrôle (tous les  $p_{tukey} > .05$  et  $p_{bonf} > .05$ ), sauf les élèves efficients - non-confiants. En effet, les élèves efficients - non-confiants du groupe PPM ( $m = 0.09$  ;  $sd = 0.20$ ) présentent un indice d'ajustement significativement supérieur à celui des élèves efficients - non-confiants du groupe Contrôle ( $m = -1.19$  ;  $sd = 0.24$  ;  $p_{tukey} < .005$  et  $p_{bonf} < .005$ ), et ce quel que soit le Temps.

2.4. Effet de contenu de chaque année du PPM

2.4.1. Effet de la première année du PPM sur la réussite scolaire

Comme indiqué dans la Figure 55A, l'effet indirect du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en français, en tenant compte du Développement cognitif, n'est pas significatif durant la première année ( $a \times b = -0.001$ ) puisque l'intervalle de confiance de 95% n'exclut pas 0 [-0.094 ; 0.085]. Dans l'effet indirect, le Groupe n'a pas d'effet significatif sur les Capacités métacognitives, en tenant compte du Développement cognitif ( $a = 0.260$  ;  $t = 0.151$  ;  $p > .05$  ; Figure 55B). En contrôlant le Groupe et le Développement cognitif, l'effet des Capacités métacognitives sur les performances scolaires en français n'est pas significatif ( $b = -0.005$  ;  $t = -0.216$  ;  $p > .05$  ; Figure 55C). Toutefois, l'effet direct du Groupe sur les performances scolaires en français, en tenant compte du Développement cognitif, est significatif et positif ( $c = 0.727$  ;  $t = 2.179$  ;  $p = .03$  ; Figure 55C), tel que les élèves du groupe PPM ont amélioré leurs performances scolaires en français de 0.127 unités de plus que les élèves du groupe Contrôle. Ces résultats indiquent donc une non-médiation seulement directe.

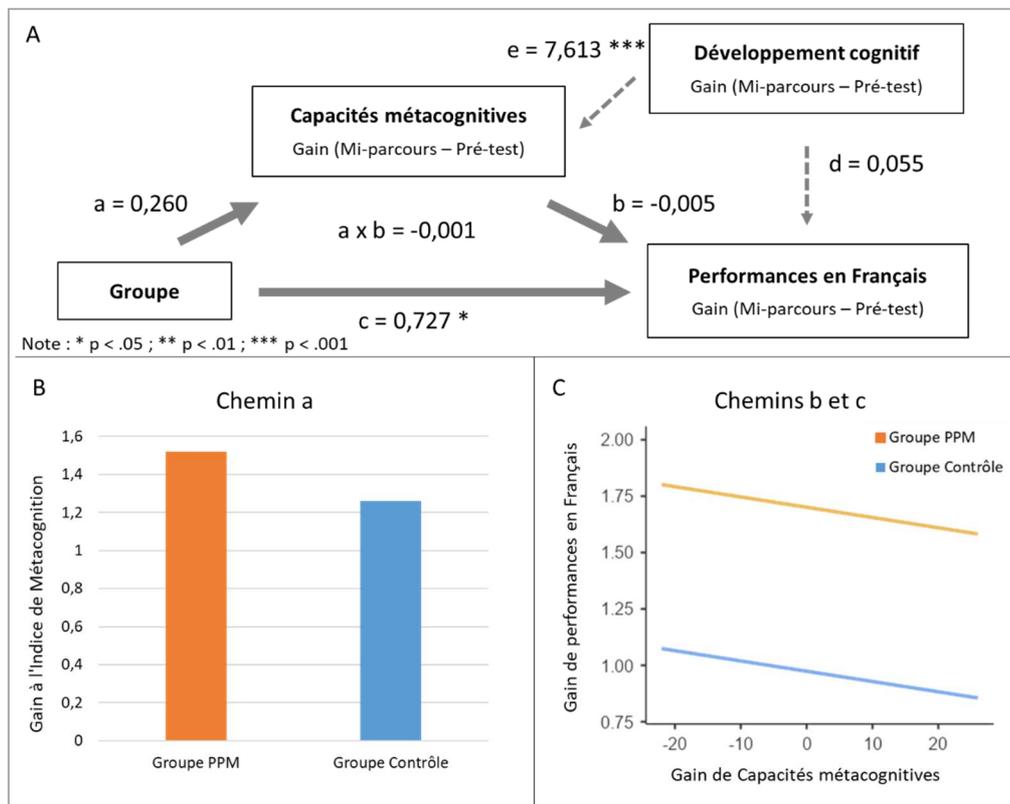


Figure 55 : Représentation de l'analyse de médiation de l'effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en français, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant la première année d'enseignement : A/ Représentation schématique de l'analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l'effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l'effet du Groupe est illustré par l'écart entre les deux droites

Comme indiqué dans la Figure 56A, l'effet indirect du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en mathématiques, en tenant compte du Développement cognitif, n'est pas significatif durant la première année ( $a \times b = -0.017$ ) puisque l'intervalle de confiance de 95% n'exclut pas 0 [-0.206 ; 0.292]. Dans l'effet indirect, le Groupe n'a pas d'effet significatif sur les Capacités métacognitives, en tenant compte du Développement cognitif ( $a = 0.260$  ;  $t = 0.151$  ;  $p > .05$  ; Figure 56B). En contrôlant le Groupe et le Développement cognitif, l'effet des Capacités métacognitives sur les performances scolaires en mathématiques est significatif et négatif ( $b = -0.067$  ;  $t = -2.222$  ;  $p = .03$  ; Figure 56C), tel qu'à chaque unité de gain gagnée en termes de Capacités métacognitives, les élèves ont régressé de 0.067 unités en termes de gain de performances en mathématiques. De plus, l'effet direct du Groupe sur les performances scolaires en mathématiques, en tenant compte du Développement cognitif, est significatif et positif ( $c = 1.106$  ;  $t = 2.326$  ;  $p = .02$  ; Figure 56C), de telle sorte que les élèves du groupe PPM ont amélioré leurs performances scolaires en mathématiques de 0.127 unités de plus que les élèves du groupe Contrôle. Ces résultats indiquent donc une non-médiation directe.

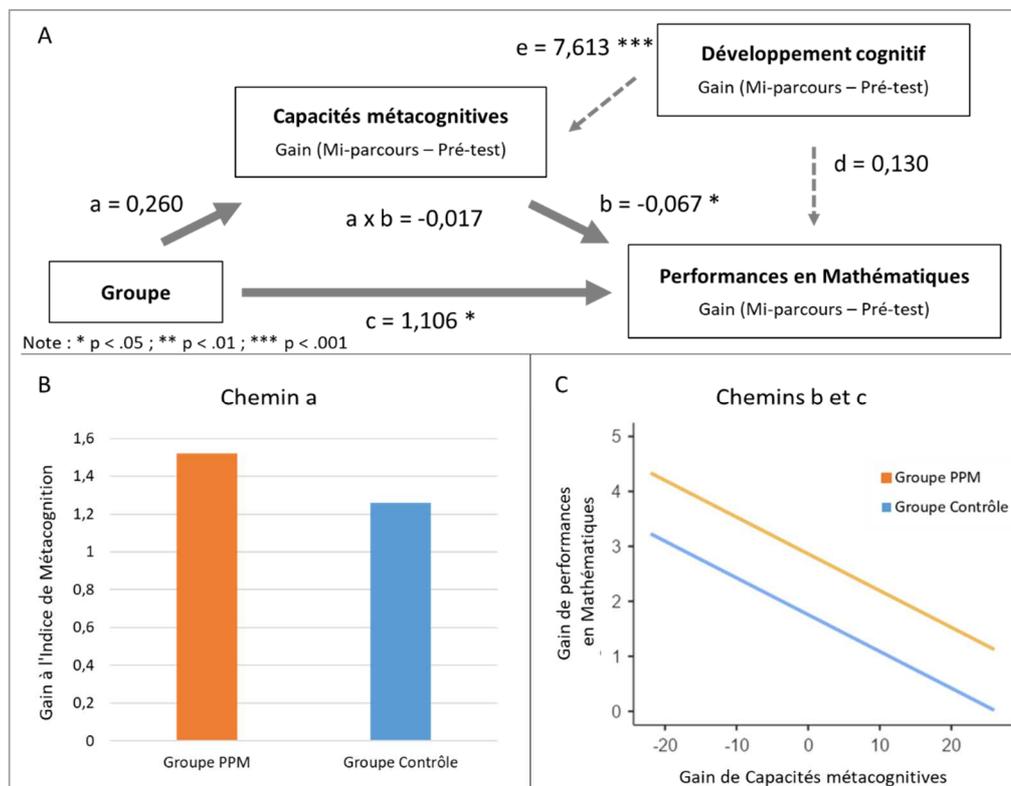


Figure 56 : Représentation de l'analyse de médiation de l'effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en mathématiques, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant la première année d'enseignement : A/ Représentation schématique de l'analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l'effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l'effet du Groupe est illustré par l'écart entre les deux droites

Comme indiqué dans la Figure 57A, l'effet indirect du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires, en tenant compte du Développement cognitif, n'est pas significatif durant la première année ( $a \times b = -0.001$ ) puisque l'intervalle de confiance de 95% n'exclut pas 0 [-0.038 ; 0.034]. Dans l'effet indirect, le Groupe n'a pas d'effet significatif sur les Capacités métacognitives, en tenant compte du Développement cognitif ( $a = 0.260$  ;  $t = 0.151$  ;  $p > .05$  ; Figure 57B). En contrôlant le Groupe et le Développement cognitif, l'effet des Capacités métacognitives sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires n'est pas significatif ( $b = -0.003$  ;  $t = -0.360$  ;  $p > .05$  ; Figure 57C). De plus, l'effet direct du Groupe sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires, en tenant compte du Développement cognitif, n'est pas significatif ( $c = -0.023$  ;  $t = -0.156$  ;  $p > .05$  ; Figure 57C). Ces résultats indiquent donc une non-médiation sans effet.

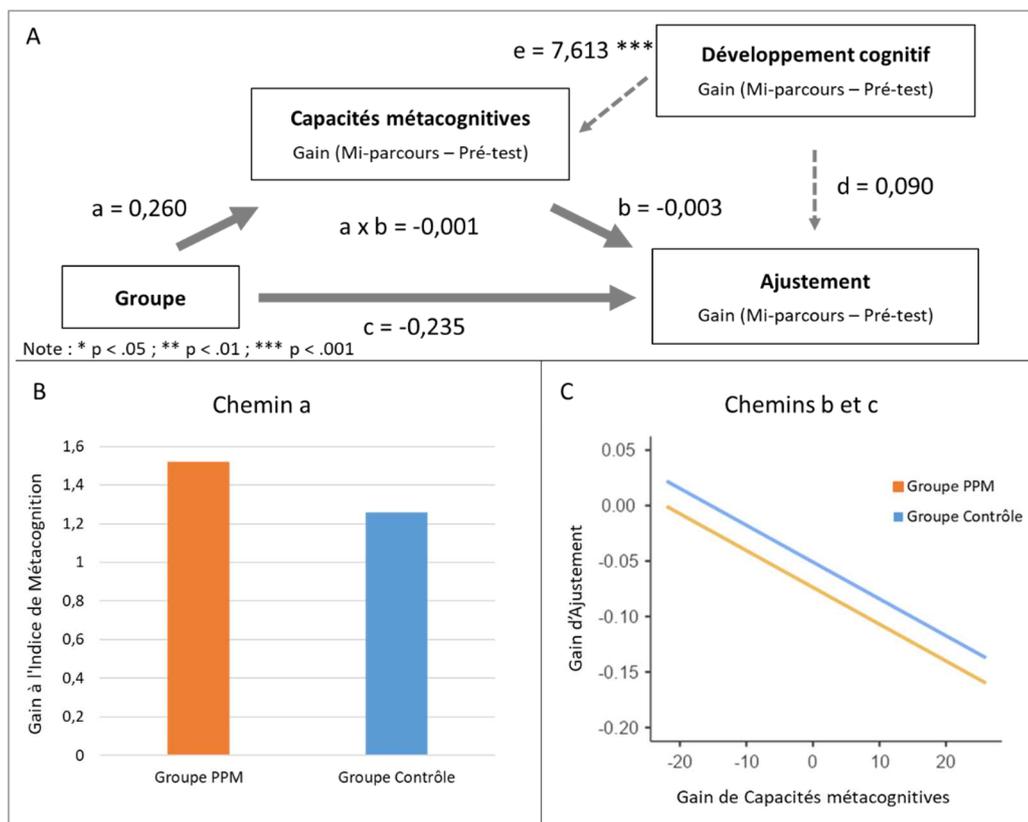


Figure 57 : Représentation de l'analyse de médiation de l'effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant la première année d'enseignement : A/ Représentation schématique de l'analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l'effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l'effet du Groupe est illustré par l'écart entre les deux droites

2.4.2. Effet de la seconde année du PPM sur la réussite scolaire

Comme indiqué dans la Figure 58A, l'effet indirect du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en français, en tenant compte du Développement cognitif, n'est pas significatif durant la seconde année ( $a \times b = 0.044$ ) puisque l'intervalle de confiance de 95% n'exclut pas 0 [-0.106 ; 0.273]. Dans l'effet indirect, le Groupe n'a pas d'effet significatif sur les Capacités métacognitives, en tenant compte du Développement cognitif ( $a = -1.911$  ;  $t = -1.042$  ;  $p > .05$  ; Figure 58B). En contrôlant le Groupe et le Développement cognitif, l'effet des Capacités métacognitives sur les performances scolaires en français n'est pas significatif ( $b = -0.023$  ;  $t = -0.787$  ;  $p > .05$  ; Figure 58C). De plus, l'effet direct du Groupe sur les performances scolaires en français, en tenant compte du Développement cognitif, est significatif et négatif ( $c = -1.120$  ;  $t = -2.271$  ;  $p = .03$  ; Figure 58C), tel que les élèves du groupe PPM ont régressé de 1.120 unités de plus que les élèves du groupe Contrôle. Ces résultats indiquent donc une non-médiation seulement directe.

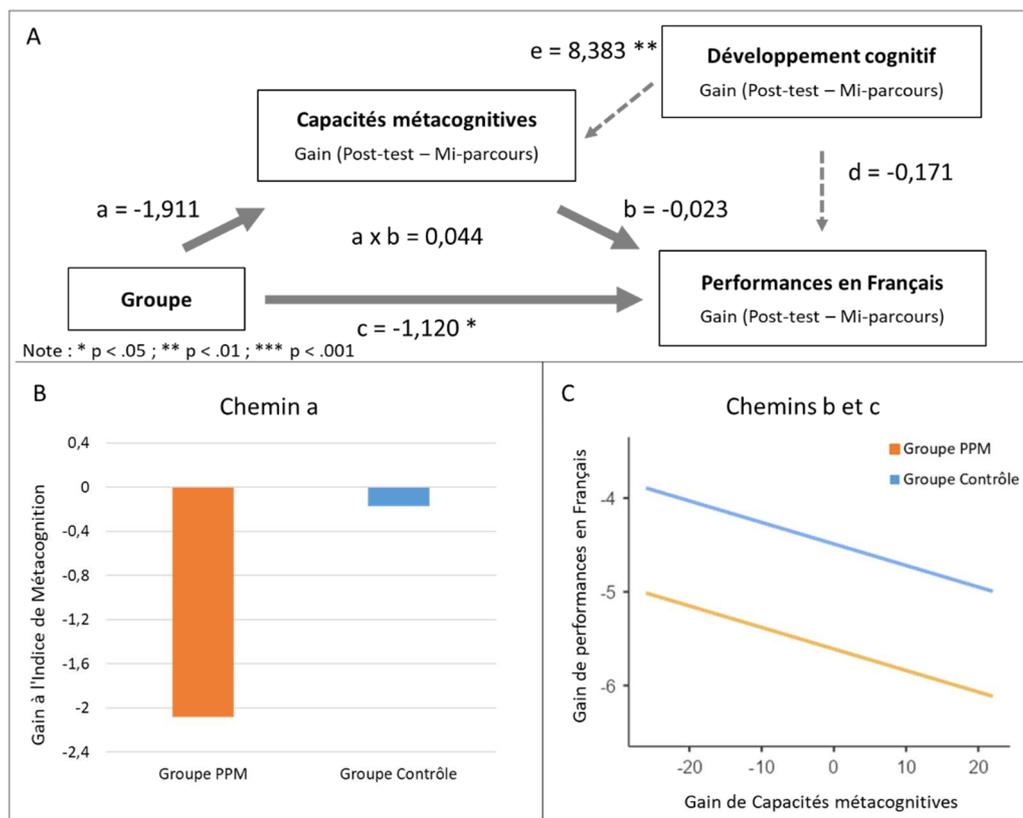


Figure 58 : Représentation de l'analyse de médiation de l'effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en français, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant la seconde année d'enseignement : A/ Représentation schématique de l'analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l'effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l'effet du Groupe est illustré par l'écart entre les deux droites

Comme indiqué dans la Figure 59A, l'effet indirect du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en mathématiques, en tenant compte du Développement cognitif, n'est pas significatif durant la seconde année ( $a \times b = -0.041$ ) puisque l'intervalle de confiance de 95% n'exclut pas 0 [-0.214 ; 0.115]. Dans l'effet indirect, le Groupe n'a pas d'effet significatif sur les Capacités métacognitives, en tenant compte du Développement cognitif ( $a = -1.911$  ;  $t = -1.042$  ;  $p > .05$  ; Figure 59B). En contrôlant le Groupe et le Développement cognitif, l'effet des Capacités métacognitives sur les performances scolaires en mathématiques n'est pas significatif ( $b = 0.021$  ;  $t = 0.619$  ;  $p > .05$  ; Figure 59C). De plus, l'effet direct du Groupe sur les performances scolaires en mathématiques, en tenant compte du Développement cognitif, n'est pas significatif bien que tendanciel ( $c = -1.005$  ;  $t = -1.716$  ;  $p = .09$  ; Figure 59C). Ces résultats indiquent donc une non-médiation sans effet.

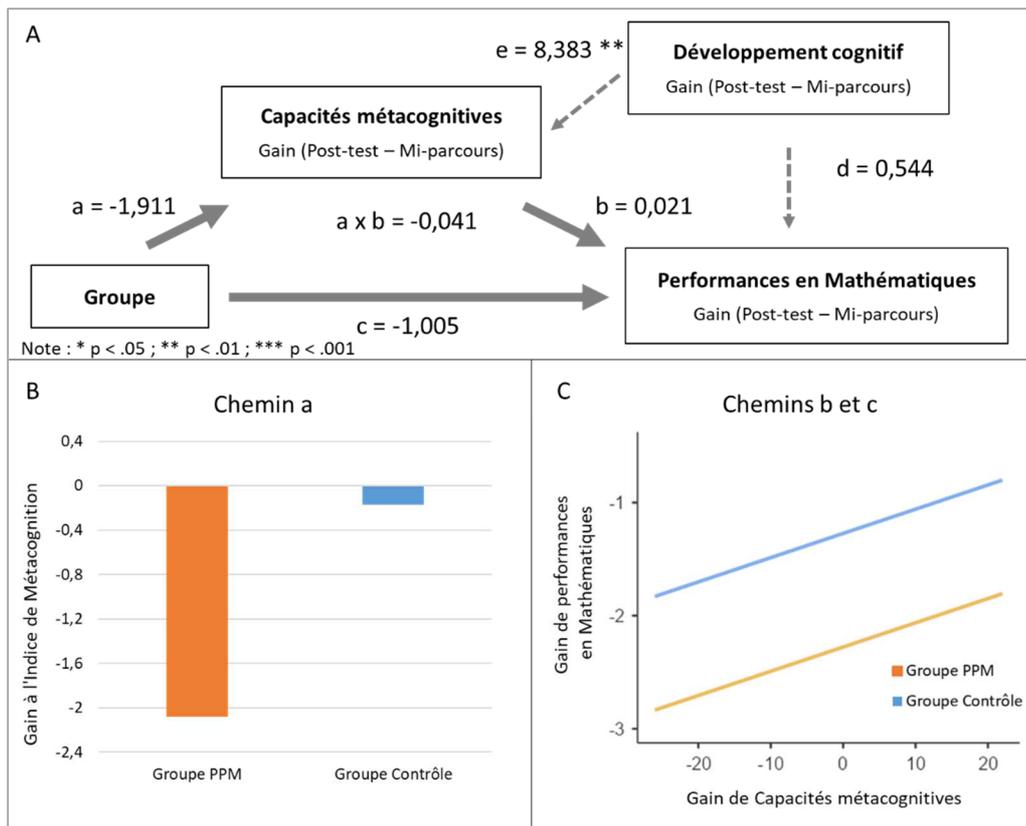


Figure 59 : Représentation de l'analyse de médiation de l'effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en mathématiques, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant la seconde année d'enseignement : A/ Représentation schématique de l'analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l'effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l'effet du Groupe est illustré par l'écart entre les deux droites

Comme indiqué dans la Figure 60A, l'effet indirect du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires, en tenant compte du Développement cognitif, n'est pas significatif durant la seconde année ( $a \times b = 0.008$ ) puisque l'intervalle de confiance de 95% n'exclut pas 0 [-0.067 ; 0.134]. Dans l'effet indirect, le Groupe n'a pas d'effet significatif sur les Capacités métacognitives, en tenant compte du Développement cognitif ( $a = -1.911$  ;  $t = -1.042$  ;  $p > .05$  ; Figure 60B). En contrôlant le Groupe et le Développement cognitif, l'effet des Capacités métacognitives sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires n'est pas significatif ( $b = -0.004$  ;  $t = -0.258$  ;  $p > .05$  ; Figure 60C). De plus, l'effet direct du Groupe sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires, en tenant compte du Développement cognitif, n'est pas significatif ( $c = 0.028$  ;  $t = 0.097$  ;  $p > .05$  ; Figure 60C). Ces résultats indiquent donc une non-médiation sans effet.

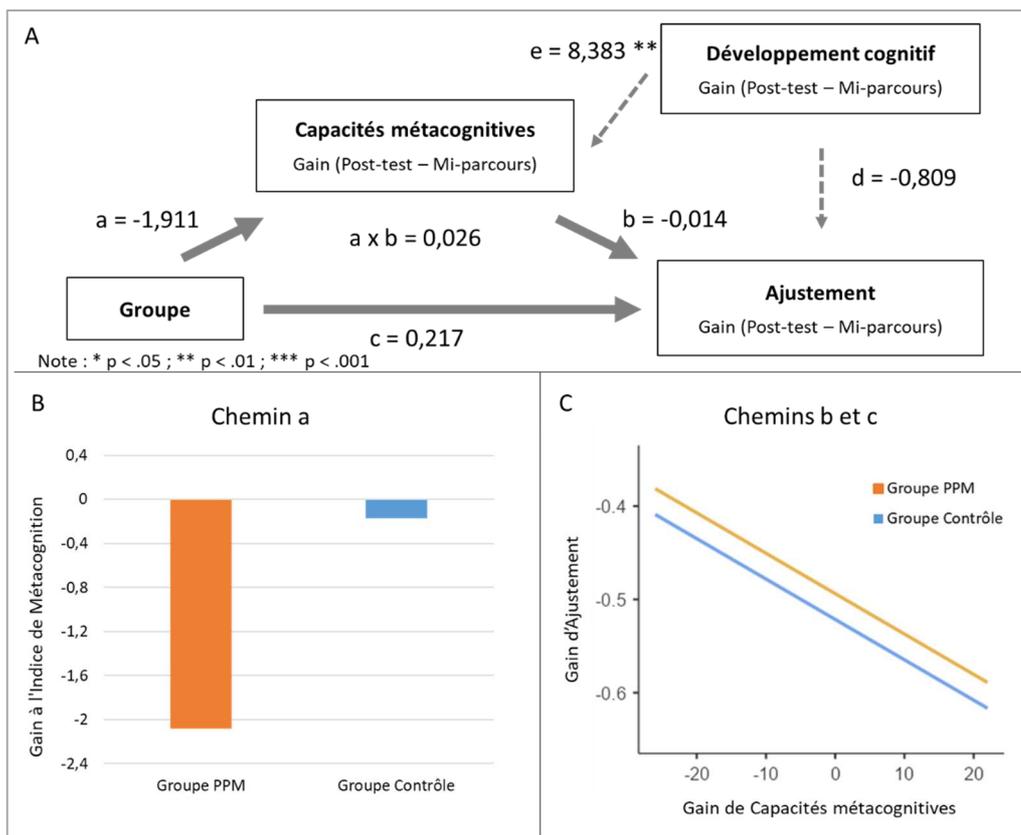


Figure 60 : Représentation de l'analyse de médiation de l'effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant la seconde année d'enseignement : A/ Représentation schématique de l'analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l'effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l'effet du Groupe est illustré par l'écart entre les deux droites

### 3. Synthèse

Dans un premier temps, nous avons tenté de déterminer si le PPM a permis aux élèves d'acquérir des connaissances sur le fonctionnement cérébral et cognitif, vis-à-vis des connaissances générales sur le cerveau et de l'adhésion aux neuromythes. Les résultats ont mis en évidence que les élèves qui ont bénéficié du PPM ont significativement acquis plus de connaissances générales et des conceptions moins erronées sur le cerveau contrairement aux élèves qui n'en ont pas bénéficié. Cette évolution positive semble plus particulièrement avoir eu lieu lors de la première année de diffusion du PPM.

Dans un second temps, nous avons examiné les bénéfices du PPM, médiatisés par l'évolution des capacités métacognitives des élèves sur la réussite scolaire des élèves en termes de performances scolaires, en français et en mathématiques, et d'ajustement du sentiment d'auto-efficacité à ces performances. Contrairement à nos attentes, le PPM ne semble pas avoir favorisé les performances scolaires, ni l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité des élèves.

Dans un dernier temps, nous avons recherché d'éventuelles modulations d'effets du PPM en fonction de différents profils scolaires d'élèves, et du temps d'évaluation sur la réussite scolaire. Les résultats des analyses effectuées ne permettent pas de mettre en évidence un quelconque bénéfice du PPM sur les performances scolaires des élèves en français comme en mathématiques. En revanche, les résultats ont montré un effet significatif du PPM en fonction du profil des élèves sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires. Les élèves faiblement efficaces - confiants qui ont bénéficié du PPM semblent avoir tendu vers un meilleur ajustement de leur sentiment d'auto-efficacité à leurs performances scolaires, notamment au cours de la première année, contrairement à leurs homologues qui n'ont pas reçu le PPM. Les élèves efficaces - non-confiants qui ont bénéficié du PPM semblent avoir évolué vers une surestimation de leurs performances scolaires au cours des deux années d'enseignement, et particulièrement au cours de la seconde année. Toutefois, il faut noter que les élèves de chacun des groupes semblent présenter des performances scolaires et un ajustement de leur sentiment d'auto-efficacité sensiblement différents à l'origine.

Notons, qu'en fonction de l'année d'enseignement, le contenu du PPM semble avoir directement affecté les performances scolaires des élèves, et ce, de manière différenciée. Cette évolution positive semble plus particulièrement avoir eu lieu lors de la première année

de diffusion du PPM. Les élèves se sont significativement améliorés en français et en mathématiques lors de la première année du PPM alors qu'ils ont régressé lors de la seconde année (bien que l'effet soit tendanciel en mathématiques), comparativement aux élèves de l'autre groupe. En revanche, aucun effet de contenu n'a été révélé pour ce qui est de l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires.

Dans le Chapitre 5, nous proposerons une interprétation de nos résultats que nous discuterons au regard de la littérature scientifique. Nous conclurons par une réflexion plus large sur les implications de la recherche appliquée au sein de l'École, et les perspectives de recherche qui découlent de ce travail de recherche.

## DISCUSSION GÉNÉRALE

*« The remarkable feature of the evidence is that the biggest effects on student learning occur when teachers become learners of their own teaching, and when students become their own teachers. When students become their own teachers they exhibit the self-regulatory attributes that seem most desirable for learners (self-monitoring, self-evaluation, self-assessment, self-teaching). Thus, it is visible teaching and learning by teachers and students that makes the difference »*

Hattie, 2009

Au regard de l'intérêt de la métacognition pour favoriser la réussite scolaire et des préconisations établies, nous avons co-construit avec des enseignants un Programme Pédagogique Métacognitif (PPM) applicable en classe de collège (6<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup>) en vue de favoriser le développement de la métacognition et ainsi la réussite scolaire. Notre travail de recherche, destiné à évaluer les bénéfices de ce PPM sur la réussite scolaire de collégiens par contraste avec un groupe Contrôle, était guidé par trois hypothèses générales. Premièrement, le PPM devait permettre aux élèves d'acquérir des connaissances sur le fonctionnement cérébral et cognitif (connaissances générales sur le cerveau et adhésion aux neuromythes). Deuxièmement, le PPM, au travers des capacités métacognitives, devait favoriser leurs performances scolaires ainsi que leur perception d'eux-mêmes, en tenant compte de leur développement cognitif. Troisièmement, le PPM devait bénéficier davantage aux élèves en difficulté scolaire. Enfin, de manière exploratoire, nous avons analysé les effets de contenu du PPM en fonction de l'année d'enseignement. Nous allons maintenant discuter des résultats obtenus afin de comprendre en quoi le PPM a pu favoriser ou non la réussite scolaire des collégiens interrogés.

En quoi le PPM favorise-t-il la réussite scolaire des collégiens ? Nous avons émis l'hypothèse d'un effet du Groupe en fonction du Temps sur les connaissances générales des élèves sur le cerveau et sur les neuromythes, en faveur des élèves du groupe PPM. Les résultats obtenus mettent en lumière des effets d'interaction significatifs au profit des élèves du groupe PPM. Ainsi, après l'intervention, les élèves qui ont bénéficié du PPM présentent de meilleures connaissances générales sur le cerveau et une plus faible adhésion aux neuromythes, alors que les élèves du groupe Contrôle ne semblent pas avoir modifié leurs connaissances et leurs conceptions. Ces résultats viennent confirmer nos hypothèses quant au fait que le PPM permet aux élèves d'acquérir des connaissances sur le fonctionnement cérébral et cognitif. Par conséquent, nous sommes assurés que le PPM a été correctement suivi par les élèves. Nos résultats concordent avec ceux de l'étude de Cherrier et al. (2020) qui s'est intéressée à l'effet d'un programme visant à développer les connaissances des élèves à ce sujet. Toutefois, les auteurs ont mesuré cet effet de manière qualitative par le biais d'une question posée directement aux élèves. Nous y ajoutons des arguments quantitatifs supplémentaires, et pour la première fois en France. Bien que les élèves aient rarement fait l'objet d'études sur ces connaissances et conceptions, nos résultats montrent que les élèves y sont tout aussi sensibles que les enseignants (McMahon et al., 2019) et qu'il est possible de les améliorer avec un PPM. Par extension, ces connaissances conceptions

peuvent être assimilées à des connaissances métacognitives sur les personnes (Proust, 2019). Bien que peu nombreuses et centrées sur le développement des connaissances métacognitives sur les tâches et sur les stratégies, nos résultats semblent concorder avec ceux des études publiées jusqu'alors, qui rapportent un effet positif des programmes d'enseignement des connaissances métacognitives sur les élèves (Hartman, 2001; Pennequin et al., 2010; Zohar & Ben David, 2008; Zohar & Peled, 2008). Nous avons ensuite analysé l'effet du Groupe sur chacune de nos variables comportementales d'intérêt, par le biais des capacités métacognitives, et en tenant compte du développement cognitif des élèves.

En ce qui concerne les performances scolaires en français, les résultats obtenus ne montrent pas d'effet de médiation significatif, ce qui invalide notre hypothèse. Toutefois, les analyses exploratoires complémentaires quant aux effets de contenu du PPM selon l'année d'enseignement nous indiquent un effet direct significatif de la première année d'enseignement en faveur des élèves du groupe PPM, indépendamment de l'amélioration de leurs capacités métacognitives. Elles nous indiquent également un effet de la seconde année d'enseignement mais en leur défaveur, et ce, indépendamment de l'amélioration de leurs capacités métacognitives. Nous avons également supposé que l'effet du Groupe serait différent en fonction du Profil scolaire des élèves et du Temps, et notamment que le PPM bénéficierait davantage aux élèves en difficulté scolaire au post-test immédiat. Les résultats invalident notre hypothèse dans la mesure où nous n'observons pas d'effet d'interaction significatif.

En ce qui concerne les performances scolaires en mathématiques, nous avons émis l'hypothèse d'un effet du Groupe, au travers des capacités métacognitives, en faveur des élèves du groupe PPM. De la même manière que pour les performances en français, les résultats obtenus ne montrent pas d'effet de médiation significatif, ce qui invalide notre hypothèse. Toutefois, les analyses exploratoires complémentaires quant aux effets de contenu du PPM selon l'année d'enseignement nous indiquent un effet direct significatif de la première année d'enseignement en faveur des élèves du groupe PPM, indépendamment de l'amélioration de leurs capacités métacognitives. Elles nous indiquent également un effet direct tendanciel de la seconde année d'enseignement en leur défaveur, et ce, indépendamment de l'amélioration de leurs capacités métacognitives. De plus, le PPM ne semble pas bénéficier davantage aux élèves en difficulté scolaire au post-test immédiat, puisque nous n'observons pas d'effet d'interaction significatif entre nos trois variables. Ces résultats invalident donc notre hypothèse.

Concernant l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires, nous avons émis l'hypothèse d'un effet du Groupe, au travers des capacités métacognitives, en faveur des élèves du groupe PPM. Les résultats obtenus ne montrent pas d'effet de médiation significatif, ce qui invalide notre hypothèse. Les analyses exploratoires complémentaires quant aux effets de contenu du PPM ne révèlent pas plus de résultats significatifs, appuyant d'autant plus le rejet de notre hypothèse. Enfin, notre dernière hypothèse suggérait un effet du Groupe en fonction du Profil des élèves et du Temps, c'est-à-dire que le PPM bénéficierait davantage aux élèves en difficulté scolaire au post-test immédiat. Les résultats ont mis en évidence un effet d'interaction significatif entre ces trois variables, en faveur des élèves « non-efficaces – confiants » et « efficaces - non-confiants » ayant bénéficié du PPM. L'ajustement des élèves « non-efficaces – confiants » a significativement diminué au cours de la première année d'enseignement, puis est resté constant au cours de la seconde année, alors que celui des élèves « efficaces - non-confiants », resté constant la première année, a tendanciellement augmenté au cours de la seconde année d'enseignement. Ces résultats viennent nuancer notre hypothèse. Nous n'observons pas d'effet significatif du PPM en fonction du Profil scolaire sur l'ajustement des élèves, mais des effets distincts en fonction de l'année d'enseignement.

Les résultats obtenus nous invitent à considérer deux éléments avant d'envisager des pistes d'explication. Le premier concerne l'absence d'effet sur les capacités métacognitives, et en cascade, l'absence d'effet de médiation de ces capacités sur les performances scolaires. Le second élément concerne les performances scolaires, en français comme en mathématiques, et plus particulièrement le niveau à l'origine des élèves et l'effet du Temps sur ces performances.

L'amélioration des capacités métacognitives était un point central de cette recherche. Toutefois, alors que les études dans le domaine font état quasi-systématiquement d'un bénéfice de l'entraînement de la métacognition sur la métacognition elle-même (Bosson et al., 2010; Carpenter et al., 2019; Hartman, 2001; Kramarski & Mevarech, 2003; Pennequin et al., 2010; Zohar & Ben David, 2008; Zohar & Peled, 2008), notre étude ne révèle aucun effet significatif du PPM sur les capacités métacognitives. Cette absence de résultat significatif nous amène à nous questionner sur notre outil de mesure des capacités métacognitives qu'est la BRIEF. Il faut noter que nous avons dû utiliser la version Parent et non la version Enseignant, dans la mesure où les enseignants ne connaissaient pas les élèves à l'entrée en 6<sup>ème</sup> et qu'ils y étaient réticents en raison de la charge de travail supplémentaire

que cela engendrait. Il n'en reste pas moins que la version Parent se concentre sur des aspects de la vie quotidienne alors que la version Enseignant traite plutôt des aspects scolaires. Cette différence entre les deux versions pourrait expliquer, dans une certaine mesure, pourquoi nous n'observons pas d'effet. De plus, l'indice de métacognition établi par cet outil constitue un indice hétéroclite de la métacognition, en regroupant des comportements relatifs à des connaissances métacognitives mais aussi, et essentiellement, des comportements relatifs à des compétences métacognitives. Cette non-différenciation des composantes métacognitives, pourtant bien distinctes théoriquement, rend l'indice probablement trop imprécis pour permettre la détection d'une évolution des capacités métacognitives. En conséquence, la BRIEF nous paraît peu adaptée pour évaluer pleinement les capacités métacognitives d'un individu dans le cadre d'une recherche comme la nôtre. Force est de constater que l'état de l'art et le manque de recul sur cet outil en début de recherche ne nous a pas permis de sélectionner un outil de mesure plus adapté parmi ceux existants (pour une revue, voir Veenman, 2011). L'idée de modifier la méthodologie au cours de l'expérimentation a été envisagée, bien que cela aurait engendré l'impossibilité de comparer les capacités des élèves entre les temps d'évaluation. C'est alors que nous nous sommes heurtés à une difficulté non négligeable, à savoir qu'il n'existe pas ou peu d'outils de mesure de la métacognition qui soient traduits et validés en français. Il n'était pas envisageable d'entamer un tel processus au vu du temps imparti, c'est pourquoi nous n'avons pas remplacé notre outil de mesure. Malgré cet état de fait, nous proposons une sélection d'outils en vue de servir de futures recherches, au regard de l'analyse de Veenman (2011). Selon lui, les outils « *off-line* », qui se réfèrent à des évaluations avant ou après la tâche (tels que des questionnaires), sont à privilégier pour appréhender les connaissances métacognitives. Notre choix se serait alors porté sur le « *Junior Metacognitive Assessment Inventory – Version B* » (Sperling et al., 2002), qui est l'un des seuls questionnaires à destination des collégiens évaluant leurs connaissances métacognitives. À l'inverse, les outils « *on-line* », qui se rapportent à des évaluations directement au cours de la tâche, sont préférables pour évaluer les compétences métacognitives. Parmi eux, nous aurions retenu la technique de réflexion à voix haute telle que celle proposée par Veenman et al. (2003), qui est basée sur le comportement réel de l'élève.

Le second élément est relatif aux performances scolaires au début de l'étude des élèves interrogés et à l'effet du temps sur ces performances. Nous observons que leur niveau en français était plus élevé que celui dont font état les différents rapports nationaux et

internationaux dans le domaine (Andreu et al., 2016; Colmant & Le Cam, 2017; Dalibard et al., 2016; OCDE, 2019b). En revanche, leur niveau en mathématiques était assez faible et concorde avec les conclusions des rapports dans ce domaine (Colmant & Le Cam, 2016; Dalibard & Pastor, 2015; Mullis et al., 2016; OCDE, 2019b). L'incongruence de ces deux performances scolaires peut s'interpréter de deux manières. Soit les élèves de notre échantillon présentaient réellement un bon niveau en français, ne reflétant pas la population que nous souhaitons cibler, et l'évaluation en mathématiques était, en revanche, trop exigeante, soit l'évaluation en français était en deçà de leur niveau, d'où leurs performances élevées, et les élèves présentaient alors réellement un faible niveau en mathématiques. Après avoir échangé avec les enseignants, et visualisé les évolutions de ces performances dans le temps, la seconde interprétation semble plus réaliste.

Nous avons constaté que l'évolution de ces performances au cours des deux années était un reflet grossier de celles constatées selon l'année d'enseignement. En effet, au cours de notre étude, l'évolution globale des performances scolaires en français fait état d'une dégradation, malgré une amélioration durant la première année. Plus encore, la performance moyenne des élèves après deux années est significativement plus faible que celle obtenue avant toute intervention. Sensiblement de la même façon, l'évolution globale des performances en mathématiques semble inexistante, alors qu'une progression est observable lors de la première année. Dans cette situation, la performance moyenne des élèves après deux ans est semblable à celle obtenue à l'origine. S'il est évident que la progression globale des performances scolaires dans le temps est une synthèse d'évolutions plus spécifiques, comment expliquer que ces dernières soient si différentes ? Selon nous, ce constat prend son sens dans la nature et l'utilisation des évaluations scolaires. Comme précisé dans le Chapitre 3, des évaluations différentes ont été sélectionnées en fonction du niveau scolaire des élèves, de telle sorte que l'évaluation à l'entrée en classe de 6<sup>ème</sup> a été déployée à deux reprises, au pré-test puis à l'évaluation mi-parcours, et l'évaluation en fin de classe de 5<sup>ème</sup> au post-test immédiat. Nous en déduisons que le recours à l'évaluation de 6<sup>ème</sup> lors de l'évaluation mi-parcours, donc en fin de 6<sup>ème</sup>, n'était pas suffisamment adaptée à leur niveau. En conséquence, les progressions des performances scolaires entre le pré-test et l'évaluation mi-parcours ont été d'autant plus marquées, tout comme les dégradations des performances entre l'évaluation mi-parcours et le post-test immédiat. Bien que les évolutions de ces performances soient inattendues, nous les considérerons comme conventionnelles puisqu'elles sont communes aux deux groupes d'élèves.

Cette explication nous a amené à une autre interrogation, qui est de savoir pourquoi les élèves du groupe PPM ont mieux progressé en termes de performances scolaires en français et en mathématiques que les élèves du groupe Contrôle durant la première année mais aussi pourquoi ils ont davantage régressé au cours de la seconde année. Afin de comprendre ces résultats, nous allons émettre et développer trois pistes d'explication. Tout d'abord, il se peut, comme nous le disions dans le Chapitre 4, que les effets observés soient dus, non pas au PPM, mais aux différences de performances observées à l'origine. Une autre explication réside dans un effet de nouveauté. Enfin, les résultats peuvent être le reflet de l'effet du PPM.

La première piste d'explication s'appuie sur le fait que les élèves des deux groupes présentaient des performances scolaires en français et en mathématiques significativement distinctes au début de l'étude. Ces différences ne sont pas imputables au Groupe mais révèlent potentiellement des différences de niveau entre les établissements d'appartenance des élèves, liées à leur situation sociodémographique ou aux pratiques des enseignants des écoles primaires. Les élèves du groupe PPM disposaient d'un niveau scolaire plus faible que les élèves du groupe Contrôle. De cette manière, les améliorations constatées en français comme en mathématiques lors de la première année pourraient être perçues comme des compensations, potentiellement fragiles. Cette explication est d'autant plus probable que la classe de 6<sup>ème</sup> est la dernière année du Cycle 3 dit de « Consolidation », s'accompagnant d'un changement de lieu et d'enseignants. L'entrée en 5<sup>ème</sup> marque alors le passage au Cycle 4 des « Approfondissements ». C'est une année charnière où les compétences antérieures sont censées être acquises pour les appliquer de manière transversale et plus abstraite (*e.g.*, gestion de projet). Il n'est pas inconcevable que les élèves du groupe PPM qui pourraient avoir développé tardivement les compétences attendues au Cycle 3 soient alors en difficulté face au niveau attendu au Cycle 4. Nous pensons que cette réalité peut avoir mis à mal ces élèves aux compétences fragiles, à tel point que leurs performances scolaires s'en seraient effondrées lors de la seconde année.

Nous avons également envisagé la possibilité que les évolutions des performances scolaires soient le produit d'un effet de nouveauté vis-à-vis du PPM. Cet effet, simple et universel, repose sur une augmentation de l'attention et de la motivation des individus lors de l'expérimentation d'une nouvelle méthode ou d'un nouvel outil. Clark et Craig (1992) le considère comme un effet perturbateur, dans la mesure où il rend plus complexe la détection de l'effet réel d'une méthode sur les apprentissages. En effet, l'attention engendrée par la nouveauté conduit parfois les élèves à un effort plus important, qui entraîne alors une

amélioration de leurs performances, qui peut être accrue ou progressive. Toutefois, ces réactions tendent à s'estomper au fur et à mesure que les élèves se familiarisent avec la méthode/l'outil en question. Pour s'assurer que ces améliorations ne soient pas artificielles, en raison d'un effet de nouveauté, il faut privilégier une période d'évaluation relativement longue. Dans notre cas, les résultats observés vont dans ce sens, à savoir d'une amélioration puis d'un décroissement des performances scolaires plus important pour les élèves bénéficiant d'un programme pédagogique novateur. Au regard des précautions prises en termes de temps d'évaluation, nous ne pouvons nier la possibilité que ces effets ne soient ni plus, ni moins, la manifestation d'un tel effet de nouveauté. Le post-test différé a été prévu pour parer cette éventualité, et aurait pu nous apporter des réponses.

Enfin, une autre piste est que le contenu du PPM, comme nous l'avons indiqué dans le Chapitre 3, présente des objectifs différenciés sur les deux années d'enseignement, sans être totalement cloisonnés. La première année du PPM met l'accent sur les représentations des élèves quant à l'intelligence, l'apprentissage, et donc sur celles qu'ils ont d'eux-mêmes en tant qu'apprenant. Par contraste, la seconde année du PPM est axée principalement sur les stratégies d'apprentissage, en prenant appui sur une comparaison des stratégies employées par les élèves avec celles qui leurs sont enseignées, reconnues comme optimales pour apprendre. Étant donné que les élèves ont acquis des connaissances sur le fonctionnement cérébral et cognitif, nous soutenons l'idée qu'ils sont en phase de transformation de leurs conceptions et qu'un transfert sur les performances scolaires n'a pas encore pu avoir lieu. Cette hypothèse explicative est appuyée par les résultats obtenus sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires. Même si nous n'observons pas d'effet du PPM chez tous les élèves, les résultats montrent qu'une modification de la perception que les élèves « non-efficient – confiants » et « efficaces - non-confiants » avaient d'eux-mêmes a débuté au cours de ces deux années. En plus de concorder avec les premiers résultats, cette explication nous permet de comprendre pourquoi nous n'observons pas de résultats sur les capacités métacognitives. Notre outil de mesure des capacités métacognitives évalue essentiellement les compétences métacognitives. Toutefois, pour que les élèves parviennent à développer leurs compétences métacognitives, encore faut-il qu'ils aient pris conscience et intégré les raisons pour lesquelles ils devraient le faire. Si cette dynamique n'est pas aboutie, comme nous le supposons, alors il est logique que nous n'observions aucune amélioration des capacités métacognitives. En accord avec les résultats et l'interprétation proposée par Cherrier et al. (2020), l'appropriation des connaissances et

des compétences enseignées nécessite du temps pour être transférées aux performances scolaires. Il apparaît d'autant plus probable, et nous en sommes convaincus, qu'un tel transfert aurait été observable au post-test différé si celui-ci n'avait pas été annulé en raison de la COVID-19.

En résumé, notre étude montre l'intérêt du PPM « Connaissance de soi » pour la réussite scolaire des collégiens. Celui-ci a permis aux élèves d'acquérir des connaissances sur le fonctionnement cognitif et cérébral. Même si le PPM n'a pas eu d'impact statistiquement significatif sur les performances scolaires des élèves, vraisemblablement en raison d'un transfert de connaissances retardé, il semble toutefois avoir permis à certains élèves d'ajuster leur sentiment d'auto-efficacité à leurs performances scolaires. Ainsi, le PPM a permis à certains élèves d'entrer dans un processus de modification de leur perception d'eux en tant qu'apprenant, qui constitue un élément clé de la réussite scolaire (Efklides, 2008; Famose & Bertsch, 2009; Gaskins & Pressley, 2007). Nous allons maintenant apporter un éclairage sur les raisons d'un tel besoin de temps, qui semble néanmoins nécessaire aux élèves pour transformer leur mode de fonctionnement.

Notre étude a permis d'évaluer les bénéfices d'un programme pédagogique métacognitif sur le fonctionnement cérébral et cognitif comprenant 36 séances de 45 minutes étendues sur deux années d'enseignement. Cependant, nous n'observons pas d'effet de transfert sur les performances scolaires, alors que les études dans ce domaine font généralement état d'améliorations non négligeables à la suite d'un programme plus ou moins court (Aghaie & Zhang, 2012; Dignath et al., 2008; Hattie, 2009; Kramarski & Mevarech, 2003; Mannion & Mercer, 2016; Mason, 2004; Pennequin et al., 2010; V. Perry et al., 2012; Wong et al., 1996). Les programmes d'enseignement qui arborent des résultats probants en termes de transfert sur les performances scolaires sont généralement axés sur l'apprentissage de stratégies concrètes aux élèves. En d'autres termes, les élèves apprennent quoi et comment faire dans des situations précises (i.e., les représentations graphiques, Kramarski & Mevarech (2003) ; ou encore la compréhension d'un document lu, Mason (2004)). Deux différences saillantes sont à considérer ici : d'une part, celle de l'aspect spécifique ou général du domaine travaillé, d'autre part, celle de la profondeur de l'apprentissage. Sur ce dernier point, il est possible que l'amélioration des performances soit tout aussi bien le reflet d'une appropriation de ces nouvelles compétences que d'un apprentissage « plaqué ». L'étude de Mannion et Mercer (2016) qui propose le suivi d'un programme transversal dans le temps va nous permettre d'approfondir cette réflexion. En effet, ces derniers ont évalué, de manière longitudinale, les

effets d'un programme pédagogique « *Learning to learn* » de trois années sur la réussite scolaire d'élèves en difficulté de niveau collège (de la 7<sup>ème</sup> à la 9<sup>ème</sup> année d'étude en Angleterre), et notamment sur leur taux de réussite à la fin de leur 9<sup>ème</sup> année (l'équivalent de la classe de 4<sup>ème</sup> en France). C'est un programme qui s'inscrit dans une approche globale de l'école, où les enseignements dispensés sont transversaux à tous les domaines, tout comme dans notre PPM. Néanmoins, cette approche s'avère particulièrement efficiente puisqu'une grande proportion des élèves qui ont suivi ce programme atteint voire excède le niveau attendu à la fin de la 9<sup>ème</sup>, réduisant ainsi l'écart avec les plus performants. Cette étude nous montre que ce n'est pas tant l'aspect spécifique ou général au domaine, ni la profondeur de l'apprentissage qui distingue notre étude des autres mais bien son contenu. Le PPM ne porte pas sur un enseignement de compétences métacognitives, telles des schémas d'action, mais plutôt de connaissances métacognitives, telles des représentations de l'apprentissage. Les connaissances métacognitives contribuant aux compétences métacognitives, nous avons choisi d'enseigner les connaissances métacognitives en amont des compétences métacognitives pour que ces dernières puissent être transformées sans rencontrer d'obstacles motivationnels. Cette conviction est aussi le reflet de la philosophie de ce projet qui est de considérer chaque élève comme unique, avec ses forces et ses faiblesses. Dans cette perspective, il n'existe aucune stratégie qui convienne à tous les élèves, mais plutôt différentes stratégies pour différents élèves. L'essentiel est de mieux se connaître pour pouvoir décider de faire autrement et d'appliquer pleinement ce qu'il y a de mieux pour soi. Si les deux approches n'empruntent pas la même porte d'entrée pour développer les capacités métacognitives des élèves, elles se complètent plus qu'elles ne s'opposent.

Les programmes centrés sur les compétences métacognitives mettent l'accent sur le temps alloué à l'agir et à la mise en pratique pour réguler sa cognition, au détriment peut-être des particularités de chacun mais aussi des freins que constituent les conceptions et les connaissances qui les guident. Il est alors implicitement attendu que les élèves évaluent les conséquences de ces nouveaux comportements appris pour alimenter leur répertoire de connaissances métacognitives et ainsi enclencher un processus vertueux de changement. En comparaison, notre étude puise sa force dans l'importance accordée à la question des représentations sous-jacentes à l'acte d'apprentissage. Chaque individualité est considérée pour ce qu'elle est et en fonction de l'environnement qui l'a contrainte. Dans un processus de changement des comportements comme proposé par Prochaska et DiClemente (1992),

notre PPM invite chaque élève à déconstruire et à reconstruire les conceptions et les connaissances à l'origine de ses comportements. Cette étape est une base pour envisager de fonctionner d'une manière différente si cela est nécessaire et pour, ensuite, mettre en action ce changement. Toutefois, bien qu'un temps de mise en pratique soit pris dans le PPM avec les élèves pour découvrir différents comportements efficaces, il n'est peut-être pas suffisamment conséquent pour que les élèves puissent se les approprier au cours du PPM. Par conséquent, l'attendu implicite est de considérer que les élèves essaieront par eux-mêmes ces différents comportements dans leurs apprentissages ultérieurs pour retenir ceux qui leurs conviendront et ainsi ancrer ce changement dans la durée.

En supposant que la caractéristique de notre programme réside dans la modification des conceptions des élèves pour entamer un processus de changement de comportement, comment expliquer que celui-ci nécessite un temps long ? Nous allons voir en quoi la perspective métacognitive des théories des *Dual Process* constitue une piste de compréhension intéressante pour comprendre ce qui se joue en termes de changement pour les élèves. Puis, nous aborderons le lien entre ce processus de changement et la période qu'est l'adolescence. Enfin, nous porterons notre attention sur la place et le rôle des enseignants dans cet enseignement.

Comme le soulignaient déjà Slaughter et Gopnik en 1996, la ré-élaboration d'une conception initiale nécessite du temps mais sans en expliquer les raisons. Proust (2011) suggère alors que les sentiments métacognitifs antérieurs de l'élève, sentiments inconscients et subjectifs provenant d'expériences passées (*e.g.*, « Je suis nul »), viennent co-exister avec de nouvelles connaissances métacognitives (*e.g.*, « L'intelligence n'est pas innée »). Cette co-existence, lorsque les informations présentes sont contradictoires, peut être à l'origine de conflits cognitifs que les élèves doivent gérer. Les théories des *Duals Process* ont formalisé ce phénomène et considèrent que le raisonnement humain et la prise de décision sont régis par deux types de processus distincts. Les processus de type 1 sont intuitifs, rapides, automatiques et peu coûteux sur le plan cognitif. Ils donnent lieu à des réponses par défaut, basées sur des connaissances et/ou des croyances auxquelles le contexte fait appel. En revanche, les processus de type 2 sont contrôlés, lents et gourmands en ressources cognitives. Ces processus amènent à des réponses délibérées, analytiques, et décontextualisées. Les travaux récents sur les théories des *Dual Process* proposent que ce qui conduit les individus à s'engager dans un raisonnement de type 2 plutôt que de type 1, est la détection d'un conflit cognitif entre deux réponses concurrentes activées automatiquement (Amsel et al., 2008;

Pennycook, 2018; Pennycook et al., 2015; Thompson, 2009). Différents auteurs s'accordent sur le fait que la détection de conflit cognitif est rendue possible par les fonctions de *monitoring* de la métacognition, sous-tendues par les connaissances et les expériences métacognitives. Ainsi, les individus qui seraient plus à même de détecter un conflit cognitif présenteraient de meilleures connaissances métacognitives (Amsel et al., 2008), ainsi que de plus faibles sentiments métacognitifs, notamment de confiance en leur réponse (Bago & De Neys, 2017; Pennycook, 2018; Thompson & Johnson, 2014). Pennycook (2018) va plus loin et postule qu'une troisième étape de sélection de la réponse finale prolonge la détection de conflit. Bien qu'il ne le mentionne pas explicitement, cette étape impliquerait les compétences métacognitives des individus. Deux issues sont alors envisageables pour l'individu, soit il y a « rationalisation » et l'individu persévère dans sa réponse erronée (*i.e.*, « Je suis nul »), soit il y a « découplage » et l'individu parvient à outrepasser la réponse erronée (*i.e.*, « L'intelligence n'est pas innée »). Finalement, la variation de performance de raisonnement observée reflète essentiellement des différences inter-individuelles en termes de capacités métacognitives exigées par la tâche. Cependant, le processus ne s'arrête pas là ou plutôt semble en appeler d'autres.

Comme le souligne Proust (2019), le feed-back engendré par la réponse apportée au conflit cognitif conditionne le comportement adopté face au prochain conflit. De cette manière, l'élève qui maintient qu'il est nul, instaurera un comportement fataliste, et présentera des résultats correspondants. L'auto-évaluation négative qui en sera dégagée ne fera que confirmer l'attitude de l'élève. De cette façon, il est fort probable que cet élève s'engagera encore moins dans une même action à l'avenir. La situation sera également aversive pour l'élève qui aura surmonté l'idée première d'être nul pour s'engager dans l'action mais dont les résultats ne seront pas à la hauteur de ses efforts. À l'inverse, le même élève dont les résultats satisferont les efforts fournis, s'engagera plus aisément dans le prochain conflit cognitif rencontré dans une même situation. Cette boucle rétroactive, incessante et vertueuse, entre feed-back, détection et résolution de conflit cognitif, implique obligatoirement du temps pour aboutir à la transformation des conceptions erronées antérieures des élèves. Les études conduites en neuro-imagerie démontrent également que le changement des habitudes comportementales au profit de nouvelles requiert du temps et de la répétition (Graybiel, 2008; Smith & Graybiel, 2013). Ainsi, l'expérimentation répétée de situations de conflit cognitif au cours du PPM était un passage nécessaire pour leur permettre d'intégrer les comportements à adopter. Elle était d'autant plus accentuée par l'acquisition de nouvelles

connaissances, expériences, et compétences métacognitives, sur deux années. Les élèves ont appris de manière progressive à façonner et à affiner leurs capacités métacognitives et indirectement à améliorer les résultats de leurs actions. L'hypothèse explicative, qu'un processus de changement requiert du temps, vient parfaitement justifier les propos de Slaughter et Gopnik (1996) qui préconisaient de différer l'évaluation des effets d'un programme d'enseignement. Il devient, dès lors, cohérent que nous n'observions pas d'effets du PPM sur les performances scolaires immédiatement après la fin du PPM, mais cela appuie, une nouvelle fois, l'hypothèse selon laquelle des effets auraient été observables au post-test différé.

Par ailleurs, nous ne pouvons ignorer le fait que les élèves que nous avons interrogés, sont de manière plus globale, des adolescents. Il nous semble donc important de replacer le processus de changement que nous les incitons à opérer dans cette période. C'est à l'adolescence que les capacités de contrôle cognitif, nécessaires à ce changement, sont en proie à des remaniements spécifiques (Brenhouse & Andersen, 2011; Crone & Dahl, 2012; Dwyer et al., 2016; Kilford et al., 2016; Luna, 2009; Van Leijenhorst et al., 2010). Nous suggérons que ces remaniements ont pu interférer avec une pleine appropriation du PPM, et qu'il serait peut-être plus judicieux d'envisager d'autres périodes pour l'introduire. L'adolescence est une période généralement comprise entre l'entrée dans la puberté et l'accès à l'indépendance, représentant ainsi une phase de transition entre l'enfance et l'âge adulte (Blakemore & Mills, 2014). Elle comprend des transformations majeures tant sur le plan physiologique que comportemental, marquées par une sensibilité accrue aux relations sociales avec les pairs et une augmentation des comportements de prise de risque (Spear, 2000; Steinberg, 2008). L'explication la plus connue est de considérer que ces comportements, assimilés à un déficit cognitif, sont le résultat d'une immaturité du développement du réseau cérébral du contrôle cognitif (Casey & Jones, 2010). Or, comme le montre la revue de littérature de Dwyer et al. (2016), ce n'est pas tant l'immaturité du cortex préfrontal qui serait en cause mais une modification de la dynamique des réseaux cérébraux. En effet, le développement du réseau de contrôle cognitif reposerait, à cet âge, sur le passage d'un fonctionnement indépendant à un fonctionnement en réseau des différentes aires cérébrales. Ce développement spécifique serait, par ailleurs, sous l'influence de la puberté, dont les changements hormonaux impliquent vraisemblablement des changements dans le réseau socio-émotionnel qui se traduisent par une augmentation de la saillance des contextes sociaux (E. E. Nelson & Guyer, 2011). Autrement dit, le

développement des capacités de contrôle cognitif serait mobilisé au profit du développement des capacités socio-affectives des individus. Concrètement, l'enjeu pour l'individu est de se détacher progressivement de comportements égocentrés pour appréhender et apprécier le point de vue d'autrui (Kilford et al., 2016). Étant toutefois plus fluctuantes, les capacités de contrôle cognitif laisseraient la place à des réponses comportementales plus variables, potentiellement plus créatives et plus adaptatives (ou, inversement, moins adaptatives). Ainsi, les capacités de contrôle cognitif sont « temporairement en déficit » en raison d'un équilibre à trouver entre fonctionnement localisé et fonctionnement en réseau, avec comme contrainte l'influence du développement des capacités socio-affectives. L'objectif final de cette maturation est de parvenir à naviguer sereinement en tant qu'adulte dans l'environnement complexe que représente notre société.

Dans cette perspective, l'adolescence représente une période de grande plasticité neuronale où le cerveau est particulièrement sensible aux changements. Conscients du caractère décisif de cette période de remaniement pour le devenir des individus, il apparaît essentiel de soutenir les adolescents à la traverser, en réduisant les risques de déviances. Il est donc d'autant plus pertinent de s'intéresser à cette population comme nous l'avons fait dans notre étude. En revanche, les adolescents présentent déjà un fonctionnement ancré, potentiellement coûteux à modifier en termes de ressources cognitives, à un âge où la priorité est naturellement ailleurs, tournée vers une ouverture au monde. Cela nous laisse ainsi à penser qu'un processus de changement « égocentré » nécessiterait plus de temps à cet âge, et qu'il serait peut-être préférable d'intervenir dès le plus jeune âge.

Néanmoins, si le public ciblé est au cœur des transformations attendues grâce au PPM, il nous semble essentiel de considérer ce qu'il se passe pour celles et ceux qui l'ont créé et dispensé. La co-construction et la diffusion du PPM par les enseignants présentent des avantages mais aussi des inconvénients. La démonstration de Dignath et al. (2008) indique que les élèves bénéficient davantage des programmes sur la métacognition lorsqu'ils sont mis en œuvre par leurs concepteurs et que cet effet apparaît d'autant plus fort lorsqu'ils sont dispensés par des chercheurs que par des enseignants. En revanche, les enseignants ont une place privilégiée, en ce sens qu'ils ont la possibilité d'intégrer les éléments constitutifs de ces programmes dans leurs enseignements respectifs, favorisant ainsi leur transfert aux autres contextes scolaires. Notre travail de recherche fait état de ce point fort. Cependant, comme le soulignent Jaycox et ses collaborateurs dans un rapport sur les pratiques à adopter dans l'implémentation de programmes de prévention et d'intervention pour la santé mentale

à l'école, « *le fait qu'un programme particulier "fonctionne" dans une population spécifique peut dépendre du fait qu'un travail de fond suffisant a été effectué dans cette population et que la population elle-même est investie dans la mise en œuvre de l'intervention* »<sup>44</sup> (2006, p. 231 ; notre traduction). Avant même de poursuivre le but d'enseigner la métacognition aux élèves, les enseignants doivent s'approprier le programme pédagogique à dispenser. Cela nous amène à nous demander, au-delà de la place des enseignants, de leur rôle actif et de leur investissement dans ce projet, si la formation de trois jours, dispensée en amont de ce travail de recherche, satisfait la condition « d'un travail de fond suffisant » ? Les enseignants du PPM n'auraient-ils pas été temporairement des « apprenants » au même titre que leurs élèves ? Probablement. D'autant plus que Zohar et ses collaborateurs montrent que les enseignants semblent manquer de connaissances sur la métacognition mais aussi de connaissances pédagogiques sur l'enseignement de la métacognition (Zohar, 2006; Zohar & Barzilai, 2013). Ils soulignent ainsi la nécessité de développer les connaissances des enseignants sur la métacognition pour leur permettre de développer des programmes qui puissent être bénéfiques aux élèves.

Notre proposition a été de miser sur une collaboration verticale entre chercheurs et professionnels de l'éducation, où chacun était reconnu pour ses compétences, et où celles-ci, complémentaires, étaient mises à profit pour œuvrer vers un même but, la réussite des élèves. En revanche, elle soulève la question de la formation initiale et continue des enseignants. Tel que Georghiades (2004) et Thomas (2012) le pointaient déjà, un écart semble exister entre la recherche académique qui met en avant l'importance de la métacognition, et la formation des enseignants qui ne semble pas refléter son importance. Bien que nous n'ayons pas investigué cet aspect dans le cadre de ce travail de recherche, les enseignants du PPM ont pu nous faire part du fait qu'eux aussi avaient beaucoup appris, notamment sur leurs élèves. L'appréhension du mode de fonctionnement de leurs élèves les a amenés à se questionner et à réfléchir sur leur pédagogie. Certains enseignants ont pris conscience qu'elle était parfois inadaptée compte tenu des capacités des élèves. Cette modification des représentations, à la fois de leurs élèves et de leur pratique, aurait favorisé l'émergence d'un autre type de relation : « *Ça casse la frontière élève-enseignant, il n'y a plus le professeur d'un côté, l'élève de l'autre* » (Professeurs du Groupe PPM). De surcroît, ils se sentent « *plus efficaces, plus outillés pour comprendre et aider les élèves dans leurs*

---

<sup>44</sup> « *Whether a particular program "works" in a specific population may rest on whether sufficient background work has been done in that population and whether the population itself is invested in the implementation of the intervention* » (Jaycox et al., 2006 ; p.321).

*difficultés* » (Professeurs du Groupe PPM). Ces phénomènes sont d'autant plus importants à considérer, au vu des effets non négligeables que les interactions professeurs-élèves peuvent induire (Merle, 2006). Ainsi, pour reprendre les propos de Marc Gurgand (2018), lors de la Conférence internationale sur le rôle de l'expérimentation dans le domaine éducatif, ce n'est peut-être pas tant le fait d'apporter des outils aux enseignants qui permet de favoriser la réussite scolaire des élèves, que le fait de les former autrement. À ce titre, il nous semble important de souligner des initiatives récentes à destination des enseignants, comme les Mooc « La psychologie pour les enseignants »<sup>45</sup> créé par le Dr Franck Ramus et ses collaborateurs ou encore « Apprendre et enseigner avec les sciences cognitives »<sup>46</sup> créé par Jean-Luc Berthier et ses collaborateurs.

Ainsi, les enseignants jouent un rôle essentiel dans l'amorçage d'un processus de changement chez les élèves par le biais d'un programme tel que le PPM. Leur force, ici, réside dans le fait d'avoir co-créé les contenus inhérents au PPM et de les avoir dispensés. Toutefois, ils ne sont pas spécialistes des concepts que ce programme recouvre. Nous ne devons pas écarter la possibilité qu'ils n'aient pas disposé d'assez de temps pour incorporer toutes les notions abordées à leurs pratiques, afin de les enseigner de manière optimale. Enfin, si le travail de collaboration entre savoir théorique et savoir-faire empirique s'avère être l'un des points forts de cette étude, il nous amène à questionner les intérêts et les limites de l'expérimentation à l'école.

Cette recherche dispose du soutien des rapports les plus récents en matière d'éducation, notamment le rapport « Vers une société apprenante » de Taddei et collaborateurs paru en mars 2017. Il se concentre sur les leviers à mettre en place pour favoriser le développement personnel, l'engagement et la réussite de tous. Il souligne que les enjeux et principes sous-jacents aux apprentissages sont du ressort de « *l'attention, de la motivation, de la participation active de l'apprenant, du retour d'erreur, de l'automatisation [...] pour une appropriation durable des connaissances et des compétences, ainsi qu'un retour réflexif sur l'ensemble du processus* » (p. 2). Mais aussi que la capacité d'apprendre à apprendre est un enjeu majeur de l'éducation aujourd'hui. Il propose dix mesures nécessaires au changement, dont deux dans lesquelles s'ancre notre travail de recherche. En effet, ces propositions encouragent la recherche en matière d'éducation, l'articulation entre chercheurs et

---

<sup>45</sup> Pour plus d'informations, voir <https://www.fun-mooc.fr/fr/cours/la-psychologie-pour-les-enseignants/>

<sup>46</sup> Pour plus d'informations, voir <https://www.fun-mooc.fr/fr/cours/apprendre-et-enseigner-avec-les-sciences-cognitives/>

praticiens, afin d'entrevoir des « *expérimentations adossées à la recherche pour prototyper, documenter et évaluer de nouveaux outils* » (p. 5). À la suite de ce rapport, la 7<sup>ème</sup> Journée Nationale de l'Innovation a eu lieu à Paris, organisée par le Ministère de l'Education Nationale dans l'objectif de valoriser et de récompenser les projets d'innovation pédagogique mis en place au sein du système éducatif. L'appel à projet a recueilli 444 candidatures d'équipes pédagogiques, dont celle du Collège G. Desdevises du Désert de Lessay, avec qui nous avons collaboré. Trente projets ont été retenus. Sur la base de six critères d'évaluation, huit projets ont été primés. Le Collège de Lessay s'est ainsi vu attribuer le Prix des pratiques favorisant l'évaluation pour les apprentissages, remis par Madame la Ministre de l'Education Nationale, et par François Taddéi, le 29 mars 2017. Ce soutien s'est poursuivi par l'accompagnement financier de la Région Normandie et de la Fondation de France afin de mettre en œuvre notre protocole de recherche.

Plus récemment, Monsieur le Ministre Jean-Michel Blanquer, en marche vers une école innovante, a instauré le Conseil Scientifique de l'Éducation Nationale (CSEN) pour resserrer les liens entre enseignement et recherche. Selon Stanislas Dehaene, Président du CSEN, son rôle est « *de passer en revue les facteurs susceptibles de modifier les apprentissages des enfants en difficulté, de déterminer ceux réellement avérés sur une base scientifique et de mettre ces connaissances à la disposition de l'Éducation nationale [...] pour l'élaboration des formations spécifiques* » (Ministère de l'Education Nationale et de la Jeunesse, 2018, p. 14). Plusieurs axes de travail se sont alors dégagés, dont l'un consacré spécifiquement à la métacognition (i.e., « Métacognition et confiance en soi »). Il a pour objectif d'identifier les pratiques éducatives développant les capacités de contrôle des élèves et qui favorisent les apprentissages. Ce travail de recherche répond indéniablement à un besoin urgent pour nos élèves, reconnu par nos politiques. Si notre démarche, écologique, a été pensée de sorte à respecter les conditions d'expérimentation rigoureuses préconisées par le CSEN (2021), elle s'est toutefois confrontée à la réalité du terrain.

Cette expérimentation a pour particularité majeure de promouvoir et d'être le fruit d'une collaboration entre les membres d'une équipe pédagogique et des enseignants-chercheurs dont l'objectif commun était de favoriser la réussite scolaire d'élèves de collège. Alors que, depuis plusieurs années, nous pouvons observer une « dysconnexion » entre nos deux mondes (Dehaene, 2019a), nous avons relevé le défi d'établir un terrain commun d'échange et de travail. De cette rencontre est né un programme pédagogique métacognitif d'une durée

de deux ans, preuve de l'alliance possible et créatrice de l'expertise didactique des professionnels de terrain et notre expertise académique. Plus encore, cette expérimentation promeut une démarche rigoureuse et scientifique d'évaluation des pratiques éducatives, en milieu écologique, afin de déterminer dans quelles mesures elles peuvent impacter la réussite scolaire des collégiens. Néanmoins, l'application de cette démarche, aussi souhaitable soit-elle, s'avère être une tâche ardue lorsqu'elle se confronte au réel. En effet, la mise en place de protocoles expérimentaux écologiques et collaboratifs, tel que le nôtre, nécessite tout d'abord un certain dialogue. Nous avons pu observer et éprouver le fait que les pratiques de la recherche ne sont pas celles de l'éducation, et inversement. Un premier travail avant toute intervention, a donc été d'expliquer, de comprendre et d'accepter les pratiques et les temporalités de chacun. Après avoir tissé ce lien, nous avons pu, ensemble, envisager des possibilités d'actions. De multiples difficultés ont alors émergé. Les enseignants étaient en proie à une dissonance d'ordre temporel pour ne pas pénaliser leurs élèves. Ils avaient besoin de temps pour lire, comprendre, assimiler, approfondir des notions du PPM jusqu'alors inconnues, et les transposer d'une manière adéquate pour les élèves. Toutefois, ce temps-là était pris au détriment de leurs enseignements disciplinaires et les a parfois conduits, à devoir annuler certains de leurs cours. Le fait de devoir choisir entre deux enseignements essentiels aux élèves, est une position inconfortable, voire intenable, pour les professionnels comme pour notre équipe de recherche. À un niveau supérieur, le Collège G. Desdèze du Désert a obtenu une subvention de la Fondation de France, appuyée par son partenariat avec notre laboratoire de recherche, pour assurer le bon déroulement du projet. Des difficultés ont été rencontrées par l'établissement dans sa gestion financière. Notamment, l'établissement ne disposait ni des connaissances, ni des outils de gestion adéquats, pour recruter les psychologues nécessaires. D'un autre côté, cette subvention indispensable pour mener le projet était insuffisante. Nous avons dû choisir entre l'achat de matériel nécessaire au programme et le recrutement de personnels indispensables à l'opérationnalisation du projet. Par conséquent, les moyens humains s'en sont trouvés limités. Nous avons dû annuler le recrutement d'un ingénieur d'étude et restreindre le nombre de psychologues à cinq pour les évaluations (dont moi-même). L'aspect financier a également eu des répercussions sur les possibilités de recrutements dans la mesure où le taux horaire des psychologues était largement en deçà d'un taux horaire convenable pour un tel niveau d'étude. Ces éléments contextuels constituent de réels freins à la mise en place et à la poursuite d'expérimentation *in situ*, alors qu'elles sont essentielles. Il ne s'agit pas de lancer un débat sur les modes de financement de nos recherches, mais de rendre visible que les moyens déployés, à l'heure

d'aujourd'hui, ne sont pas à la hauteur des moyens nécessaires pour répondre à de telles ambitions éducatives.

Pour terminer, nos résultats ainsi que les différents éléments discutés dans les parties précédentes ouvrent de vastes perspectives de recherche. Les résultats obtenus nous invitent à être optimistes quant à l'intérêt de programmes pédagogiques écologiques, construits en collaboration avec les professionnels de terrain, pour favoriser la réussite scolaire des collégiens. Toutefois, nous avons conscience que la taille de notre échantillon et le défaut de randomisation constituent des biais expérimentaux conséquents. C'est la raison pour laquelle, nous proposons de réitérer cette expérimentation en incluant plus d'établissements, ce qui permettrait d'appliquer une répartition aléatoire des individus à une condition expérimentale. Par ailleurs, nous avons tenté d'identifier différents profils d'élèves à l'aide d'indicateurs de performances cognitives, scolaires et de perception de soi. Bien que cela n'ait jamais été fait, à notre connaissance, d'autres facteurs pourraient être pris en compte, tels que l'environnement familial, le style d'attachement, ou encore la personnalité de l'élève. Une thématique comme celle-ci met en évidence l'intérêt voire l'importance d'un travail pluridisciplinaire, avec, par exemple, les didacticiens (Gardes et al., 2021).

Nous avons abordé la question des outils mesurant les capacités métacognitives. Nous considérons que le développement d'études de grande ampleur pour traduire et valider des outils de mesures des capacités métacognitives est nécessaire pour favoriser la fiabilité des recherches sur la métacognition en France et plus largement dans les pays francophones. Ces études devraient s'attacher à développer des outils qui mesurent précisément chacune des composantes métacognitives (connaissances, expériences, et compétences métacognitives). De même, nous proposons que ces études s'intéressent à une variété d'outils, à la fois à des outils « *on-line* » et des outils « *off-line* », selon la catégorisation de Veenman (2011).

Nous avons également constaté que l'adolescence est une période présentant des spécificités, qui a probablement interféré avec les bénéfices que le programme que nous avons proposé aurait pu induire. Cet état de fait nous invite à investiguer la période ainsi que la durée les plus favorables pour introduire ce type de programme. Nous suggérons d'introduire ce type d'apprentissage dès le plus jeune âge et de le poursuivre tout au long de la scolarité obligatoire, pour soutenir la réussite scolaire des élèves. Des études complémentaires, qui proposent d'introduire et d'évaluer les bénéfices de ce type de programme chez des élèves plus jeunes, nous semblent indispensables afin de sensibiliser au plus tôt à un mode de

fonctionnement métacognitif tout en investiguant la durée la plus optimale à sa pleine efficience.

Enfin, notre réflexion autour de la place et du rôle des enseignants dans le processus de changement des élèves nous amène à souligner leur importance. L'outil de médiation que constitue le PPM n'est qu'un support pour l'enseignant, un prolongement de lui-même, qui sert à la transmission des connaissances et compétences aux élèves. Ainsi, il ne suffit pas d'évaluer les bénéfices d'un outil, il nous faut également nous intéresser à ceux qui les utilisent. Un grand pan de recherche s'ouvre ici, qui nous offre des possibilités de collaboration formidables avec les sciences de l'éducation. L'identification des capacités métacognitives des enseignants, de leur niveau de connaissances pédagogiques pour l'enseigner, ou encore des manières de les former à transmettre cette notion de métacognition aux élèves, constituent autant de pistes de recherche pour faire progresser le système éducatif français.

## CONCLUSION

*« Nous devons construire une société apprenante capable d'évoluer en permanence, au sein de laquelle chacun a appris à apprendre pour progresser tout au long de sa vie, professionnelle et citoyenne »*

Béjean et Monthubert, 2015

L'objectif de cette thèse était de favoriser la réussite scolaire des collégiens. Comme nous l'avons vu au Chapitre 1, les élèves français présentent un niveau scolaire, notamment en français et en mathématiques, en-dessous de ce qu'il pourrait être attendu pour un pays comme la France. Suite à la réforme du Collège, les sciences cognitives semblent pouvoir apporter des réponses ou tout du moins des informations aux enjeux sociétaux de l'École de demain. Ainsi, elles nous permettent d'entrevoir différents leviers d'actions, dont celui de la métacognition. Après avoir exploré ce concept complexe au développement tardif au Chapitre 2, nous avons questionné la manière de l'expérimenter dans les collèges français. Les préconisations de nos prédécesseurs nous ont conduit à l'élaboration d'un programme pédagogique métacognitif, détaillé au Chapitre 3, dont l'évaluation des bénéfices sur la réussite scolaire des collégiens a fait l'objet de ce travail de recherche.

Les résultats de cette expérimentation n'ont pas montré d'effet significatif du programme pédagogique métacognitif sur les performances scolaires des élèves mais ont mis en évidence qu'il favorisait les connaissances de tous les élèves sur le fonctionnement cérébral et cognitif. Il semble également qu'il ait amélioré la perception que certains élèves en difficulté avaient d'eux-mêmes en tant qu'apprenant. Le processus de changement que les élèves doivent opérer est un travail au long cours. Nos résultats laissent à penser que ce processus est en cours pour les élèves, au vu des transformations de leur perception, mais pas encore abouti, en l'absence de transfert sur leurs performances scolaires. Cet aboutissement est nécessairement long au regard du processus de changement que les élèves doivent opérer, à un âge où leurs préoccupations majeures sont d'ordre socio-affectif, et ce, alors que leurs professeurs ne sont pas spécialistes dans le domaine. Toutefois, si la transformation de leurs connaissances n'est pas encore effective en termes de comportements, elle n'en reste pas moins essentielle pour que cela se produise. De ce fait, la perspective d'un changement amorcé encourage la poursuite d'études expérimentales visant l'évaluation de ce programme en milieu écologique avec un plus grand nombre de collégiens, et en tenant compte des modalités de formation des enseignants.

Ce programme pédagogique visant le développement des capacités métacognitives ne prétend pas représenter une méthode miracle pour assurer la réussite de tous, mais n'est qu'une proposition parmi d'autres. Néanmoins, Il promeut la collaboration entre les professionnels de l'éducation et les chercheurs. Il promeut également une démarche écologique et scientifique d'évaluation des pratiques éducatives afin de déterminer dans

quelles mesures un programme pédagogique métacognitif peut impacter la réussite scolaire des collégiens.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AEPU, ANOP, & SFP. (2012). *Code de déontologie des psychologues (22 mars 1996 et actualisé le 4 février 2012)*.
- Aghaie, R., & Zhang, L. J. (2012). Effects of explicit instruction in cognitive and metacognitive reading strategies on Iranian EFL students' reading performance and strategy transfer. *Instructional Science*, 40(6), 1063–1081. <https://doi.org/10.1007/s11251-011-9202-5>
- Alexander, J. M., & Schwanenflugel, P. J. (1996). Development of metacognitive concepts about thinking in gifted and nongifted children : Recent research. *Learning and Individual Differences*, 8(4), 305-325. [https://doi.org/10.1016/S1041-6080\(96\)90021-7](https://doi.org/10.1016/S1041-6080(96)90021-7)
- Allal, L., & Saada-Roberts, M. (1992). La métacognition : Cadre conceptuel pour l'étude des régulations en situation scolaire. *Archives de psychologie*, 60(235), 265-296.
- Allen, M., Glen, J. C., Mullensiefen, D., Schwarzkopf, D. S., Fardo, F., Franck, D., Callaghan, M. F., & Rees, G. (2017). Metacognitive ability predicts hippocampal and prefrontal microstructure. *Neuroimage*, 145, 415-423. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.02.008>
- Amsel, E., Klaczynski, P. A., Johnston, A., Bench, S., Close, J., Sadler, E., & Walker, R. (2008). A dual-process account of the development of scientific reasoning : The nature and development of metacognitive intercession skills. *Cognitive Development*, 23(4), 452-471. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2008.09.002>
- Andler, D. (1992). *Introduction aux sciences cognitives*. Gallimard.

- André, C., & Lelord, F. (1999). *L'estime de soi : S'aimer pour mieux vivre avec les autres*. Odile Jacob.
- Andreu, S., Dalibard, É., & Étève, Y. (2016). *CEDRE 2003-2009-2015—Maîtrise de la langue en fin d'école : L'écart se creuse entre filles et garçons*. (Note d'information 16.20). MENESR-DEPP.
- Annevirta, T., & Vauras, M. (2006). Developmental changes of metacognitive skill in elementary school children. *The Journal of Experimental Education*, *74*(3), 195–226. <https://doi.org/10.3200/JEXE.74.3.195-226>
- Artelt, C., Schiefele, U., & Schneider, W. (2001). Predictors of reading literacy. *European Journal of Psychology of Education*, *16*(3), 363–383. <https://doi.org/10.1007/BF03173188>
- Arzoumanian, P., & Dalibard, É. (2015). *CEDRE 2014—Mathématiques en fin de collège : Une augmentation importante du pourcentage d'élèves de faible niveau* (Note d'information 15.19). MENESR-DEPP.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer : A new component of working memory? *Trends in cognitive sciences*, *4*(11), 417–423.
- Bago, B., & De Neys, W. (2017). Fast logic? : Examining the time course assumption of dual process theory. *Cognition*, *158*, 90–109. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.10.014>
- Bailey, C. E. (2007). Cognitive accuracy and intelligent executive function in the brain and in business. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1118*(1), 122–141.
- Baird, B., Smallwood, J., Gorgolewski, K. J., & Margulies, D. S. (2013). Medial and lateral networks in anterior prefrontal cortex support metacognitive ability for memory and perception. *Journal of Neuroscience*, *33*(42), 16657–16665. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0786-13.2013>
- Baker, L. (1989). Metacognition, comprehension monitoring, and the adult reader. *Educational Psychology Review*, *1*(1), 3–38. <https://doi.org/10.1007/BF01326548>

- Baler, R. D., & Volkow, N. D. (2006). Drug addiction : The neurobiology of disrupted self-control. *Trends in molecular medicine*, 12(12), 559–566.
- Bandura, A. (1982). Self-efficacy mechanism in human agency. *American psychologist*, 37(2), 122-147. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.37.2.122>
- Barnett, W. S., Jung, K., Yarosz, D. J., Thomas, J., Hornbeck, A., Stechuk, R., & Burns, S. (2008). Educational effects of the Tools of the Mind curriculum : A randomized trial. *Early childhood research quarterly*, 23(3), 299–313.
- Bartsch, K., & Estes, D. (1996). Individual differences in children’s developing theory of mind and implications for metacognition. *Learning and individual differences*, 8(4), 281–304. [https://doi.org/10.1016/S1041-6080\(96\)90020-5](https://doi.org/10.1016/S1041-6080(96)90020-5)
- Becchetti-Bizot, C., Houzel, G., & Taddei, F. (2017). *Vers une société apprenante : Rapport sur la recherche et développement de l’éducation tout au long de la vie*. [http://cache.media.education.gouv.fr/file/2017/40/3/Rapport\\_recherche\\_et\\_developpement\\_education\\_V2\\_756403.pdf](http://cache.media.education.gouv.fr/file/2017/40/3/Rapport_recherche_et_developpement_education_V2_756403.pdf)
- Béjean, S., & Monthubert, B. (2015). *Pour une société apprenante : Propositions pour une stratégie nationale de l’enseignement supérieur*. [//www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid92442/pour-une-societe-apprenante-propositions-pour-une-strategie-nationale-de-l-enseignement-superieur.html](http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid92442/pour-une-societe-apprenante-propositions-pour-une-strategie-nationale-de-l-enseignement-superieur.html)
- Berthier, J.-L., Borst, G., Desnos, M., & Guilleray, F. (2018). *Les neurosciences cognitives dans la classe : Guide pour expérimenter et adapter ses pratiques pédagogiques*. ESF Sciences humaines.
- 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>
- 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 (Éds.), *Executive function in preschool age children : Integrating measurement, neurodevelopment and translational research* (Vol. 10, p. 299-326). American Psychological Association. <http://dx.doi.org/10.1037/14797-014>

- Blackwell, L. S., Trzesniewski, K. H., & Dweck, C. S. (2007). Implicit theories of intelligence predict achievement across an adolescent transition : A longitudinal study and an intervention. *Child development*, 78(1), 246–263. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.00995.x>
- 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.
- 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), 647–663.
- Blakemore, S.-J., & Frith, U. (2005). *The learning brain : Lessons for education*. Blackwell publishing.
- Blakemore, S.-J., & Mills, K. L. (2014). Is adolescence a sensitive period for sociocultural processing? *Annual review of psychology*, 65, 187–207. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010213-115202>
- Bodrova, E., & Leong, D. J. (1996). *Tools of the Mind : The Vygotskian Approach to Early Childhood Education*. Pearson.
- Borkowski, J. G., Chan, L. K., & Muthukrishna, N. (2000). A process-oriented model of metacognition : Links between motivation and executive functioning. In G. Schraw & J. C. Impara (Éds.), *Issues in the measurement of metacognition* (p. 1-42). Buros Institute of Mental Measurements.
- Bosson, M. S., Hessels, M. G., Hessels-Schlatter, C., Berger, J.-L., Kipfer, N. M., & Büchel, F. P. (2010). Strategy acquisition by children with general learning difficulties through metacognitive training. *Australian Journal of Learning Difficulties*, 15(1), 13–34. <https://doi.org/10.1080/19404150903524523>
- Brenhouse, H. C., & Andersen, S. L. (2011). Developmental trajectories during adolescence in males and females : A cross-species understanding of underlying brain changes.

- Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(8), 1687–1703.  
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.04.013>
- Brown, A. L. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. In F. E. Weinert & R. H. Kluwe (Éds.), *Metacognition, motivation, and understanding* (p. 65-116). Lawrence Erlbaum.
- Brown, A. L., Bransford, J. D., Ferrara, R. A., & Campione, J. (1983). Learning, understanding, and remembering. In J. H. Flavell & E. M. Markman (Éds.), *Handbook of child psychology : Cognitive development* (Vol. 3, p. 77–167). John Wiley & Sons.
- Brown, A. L., Campione, J. C., & Day, J. D. (1981). Learning to learn : On training students to learn from texts. *Educational researcher*, 10(2), 14–21.  
<https://doi.org/10.3102/0013189X010002014>
- Bruner, J. S., Goodnow, J., & Austin, G. (1956). *A Study of Thinking*. John Wiley.
- Bryce, D., Whitebread, D., & Szucs, D. (2015a). The relationships among executive functions, metacognitive skills and educational achievement in 5 and 7 year-old children. *Metacognition and Learning*, 10(2), 181–198.
- Bryce, D., Whitebread, D., & Szucs, D. (2015b). 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>
- Cadario, R., Butori, R., & Parguel, B. (2017). *Méthode expérimentale : Analyses de modération et médiation*. De Boeck Supérieur.  
<https://doi.org/10.3917/dbu.cadar.2017.01>
- Carew, T. J., & Magsamen, S. H. (2010). Neuroscience and education : An ideal partnership for producing evidence-based solutions to guide 21 st century learning. *Neuron*, 67(5), 685–688. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.08.028>
- Carpenter, J., Sherman, M. T., Kievit, R. A., Seth, A. K., Lau, H., & Fleming, S. M. (2019). Domain-general enhancements of metacognitive ability through adaptive training. *Journal of Experimental Psychology: General*, 148(1), 51-64.  
<https://doi.org/10.1037/xge0000505.supp>

- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities : A survey of factor-analytic studies*. Cambridge University Press.
- Casey, B. J., & Jones, R. M. (2010). Neurobiology of the adolescent brain and behavior : Implications for substance use disorders. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 49(12), 1189–1201.
- Cherrier, S., Le Roux, P.-Y., Gerard, F.-M., Wattelez, G., & Galy, O. (2020). Impact of a neuroscience intervention (NeuroStratE) on the school performance of high school students : Academic achievement, self-knowledge and autonomy through a metacognitive approach. *Trends in Neuroscience and Education*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2020.100125>
- Chi, M. T. H. (1978). Knowledge structures and memory development. In R. S. Siegler (Éd.), *Children's thinking : What develops?* Lawrence Erlbaum.
- Chi, M. T. H. (1987). Representing knowledge and metaknowledge : Implications for interpreting metamemory research. In F. E. Weinert & R. H. Kluwe (Éds.), *Metacognition, motivation and understanding* (p. 239-266). Lawrence Erlbaum.
- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations : How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive science*, 13(2), 145–182.
- Chi, M. T. H., Glaser, R., & Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. In R. J. Sternberg (Éd.), *Advances in the psychology of human intelligence* (Vol. 1, p. 17-76). Lawrence Erlbaum.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition : A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of educational research*, 63(1), 1–49. <https://doi.org/10.3102/00346543063001001>
- Chomsky, N. (1956). Three models for the description of language. *IRE Transactions on Information Theory*, 2(3), 113-124. <https://doi.org/10.1109/TIT.1956.1056813>
- Clark, C. A. C., Pritchard, V. E., & Woodward, L. J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology*, 46(5), 1176-1191. <https://doi.org/10.1037/a0019672>

- Clark, C. A. C., Sheffield, T. D., Wiebe, S. A., & Espy, K. A. (2013). Longitudinal associations between executive control and developing mathematical competence in preschool boys and girls. *Child Development*, 84(2), 662–677.
- Clark, R. E., & Craig, T. G. (1992). Research and Theory on Multi-Media Learning Effects. In M. Giardina (Éd.), *Interactive Multimedia Learning Environments* (Vol. 93, p. 19-30). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-77705-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-77705-9_2)
- 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>
- Cnesco. (2016a). *Ce que les enquêtes internationales (PISA, TIMSS) peuvent nous dire de l’état de l’école française* [Note d’actualité]. Cnesco.
- Cnesco. (2016b). *Inégalités sociales et migratoires : Comment l’école amplifie-t-elle les inégalités ?* (p. 136). Cnesco.
- Cnesco. (2016c). *Lire, comprendre, apprendre : Comment soutenir le développement de compétences en lecture ?* [Dossier de synthèse]. <http://www.cnesco.fr/fr/lecture/>
- Cohen, M. J. (1997). *Children’s memory scale Manual* (Harcourt Brace&Company). The Psychological Corporation.
- Cohen, M. J. (2001). *CMS : Échelle de mémoire pour enfants*. Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Colmant, M., & Le Cam, M. (2016). *TIMSS 2015 mathématiques et sciences : Évaluation internationale des élèves de CMI* (Note d’information 16.33). MENESR-DEPP.
- Colmant, M., & Le Cam, M. (2017). *PIRLS 2016—Évaluation internationale des élèves de CMI en compréhension de l’écrit : Évolution des performances sur quinze ans* (Note d’information 17.24). MENESR-DEPP.
- Conseil Scientifique de l’Éducation Nationale. (2021). *La recherche translationnelle en éducation : Pourquoi et comment ?* Ministère de l’Education Nationale, de la Jeunesse et des Sports. [https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user\\_upload/Projets/conseil\\_scientifique\\_education\\_nationale/Ressources\\_pedagogiques/La\\_recherche\\_translationnelle\\_en\\_education.pdf](https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nationale/Ressources_pedagogiques/La_recherche_translationnelle_en_education.pdf)

- Cosnefroy, L., Fenouillet, F., Maze, C., & Bonnefoy, B. (2018). On the relationship between the forethought phase of self-regulated learning and self-regulation failure. *Issues in Educational Research*, 28(2), 329-348.
- Coughlin, C., Hembacher, E., Lyons, K. E., & Ghetti, S. (2015). Introspection on uncertainty and judicious help-seeking during the preschool years. *Developmental Science*, 18(6), 957–971.
- Coughlin, C., Lyons, K. E., & Ghetti, S. (2014). Remembering the past to envision the future in middle childhood: Developmental linkages between prospection and episodic memory. *Cognitive Development*, 30, 96–110. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2014.02.001>
- Crescioni, Will. A., Ehrlinger, J., Alquist, J. L., Conlon, K. E., Baumeister, R. F., Schatschneider, C., & Dutton, G. R. (2011). High trait self-control predicts positive health behaviors and success in weight loss. *Journal of health psychology*, 16(5), 750–759.
- Crone, E. A., & Dahl, R. E. (2012). Understanding adolescence as a period of social–affective engagement and goal flexibility. *Nature reviews neuroscience*, 13(9), 636–650. <https://doi.org/10.1038/nrn3313>
- Da Fonseca, D., Cury, F., Bailly, D., & Rufo, M. (2004). Théories implicites de l’intelligence et buts d’accomplissement scolaire. *Annales Médico-psychologiques*, 162(9), 703–710.
- Dalibard, E., Fumel, S., & Lima, L. (2016). *CEDRE 2015—Nouvelle évaluation en fin de collège: Compétences langagières et littératie* (Note d’information 16.21). MENESR-DEPP.
- Dalibard, E., & Pastor, J.-M. (2015). *CEDRE 2014—Mathématiques en fin d’école primaire: Les élèves qui arrivent au collège ont des niveaux très hétérogènes*. (Note d’information 15.18). MENESR-DEPP.
- Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron, B., & Osher, D. (2019). Implications for educational practice of the science of learning and development. *Applied Developmental Science*, 1–44. <https://doi.org/10.1080/10888691.2018.1537791>

- De Corte, E., Verschaffel, L., & Op't Eynde, P. (2000). Self-regulation : A characteristic and a goal of mathematics education. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Éds.), *Handbook of self-regulation* (p. 687–726). Academic Press.
- De Neys, W., Rossi, S., & Houdé, O. (2013). Bats, balls, and substitution sensitivity : Cognitive misers are no happy fools. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(2), 269–273. <https://doi.org/10.3758/s13423-013-0384-5>
- Dehaene, S. (2012). *Les grands principes de l'apprentissage* [Cours Magistral au Collège de France]. [https://www.college-de-france.fr/media/stanislas-dehaene/UPL4296315902912348282\\_Dehaene\\_GrandsPrincipesDeLApprentissage\\_CollegeDeFrance2012.pdf](https://www.college-de-france.fr/media/stanislas-dehaene/UPL4296315902912348282_Dehaene_GrandsPrincipesDeLApprentissage_CollegeDeFrance2012.pdf)
- Dehaene, S. (2018a). *Apprendre ! Les talents du cerveau, le défi des machines*. Odile Jacob.
- Dehaene, S. (2018b, novembre 28). *Ouverture de la Conférence Internationale. Métacognition et confiance en soi*, Paris.
- Dehaene, S. (2019a). *Introduction du Congrès International*. Les sciences cognitives dans la salle de classe, Paris. <https://www.reseau-canope.fr/notice/introduction-du-congres-international-les-sciences-cognitives-dans-la-salle-de-classe.html>
- Dehaene, S. (2019b). *La science au service de l'école*. Odile Jacob. [https://www.odilejacob.fr/catalogue/sciences-humaines/education-enseignement-pedagogie/science-au-service-de-l-ecole\\_9782738148650.php](https://www.odilejacob.fr/catalogue/sciences-humaines/education-enseignement-pedagogie/science-au-service-de-l-ecole_9782738148650.php)
- Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P., & Jolles, J. (2012). Neuromyths in education : Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in psychology*, 3, 429-436.
- Delis, D. C., Kaplan, E., & Kramer, J. H. (2001). *Delis-Kaplan Executive Function System*. The Psychological Corporation.
- 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](https://doi.org/10.1207/s15327647jcd0504_4)
- Demetriou, A., Makris, N., Spanoudis, G., Kazi, S., Shayer, M., & Kazali, E. (2018). Mapping the Dimensions of General Intelligence : An Integrated Differential-

- Developmental Theory. *Human Development*, 61(1), 4-42.  
<https://doi.org/10.1159/000484450>
- Desoete, A., & Roeyers, H. (2006). Metacognitive macroevaluations in mathematical problem solving. *Learning and Instruction*, 16(1), 12–25.
- Desoete, A., Roeyers, H., & Buysse, A. (2001). Metacognition and mathematical problem solving in grade 3. *Journal of learning disabilities*, 34(5), 435–447.  
<https://doi.org/10.1177/002221940103400505>
- Desoete, A., Roeyers, H., & De Clercq, A. (2003). Can offline metacognition enhance mathematical problem solving? *Journal of Educational Psychology*, 95(1), 188-200.
- 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>
- Destan, N., & Roebers, C. M. (2015). What are the metacognitive costs of young children's overconfidence? *Metacognition and Learning*, 10(3), 347–374.  
<https://doi.org/10.1007/s11409-014-9133-z>
- Diamond, A. (2005). Attention-deficit disorder (attention-deficit/hyperactivity disorder without hyperactivity): A neurobiologically and behaviorally distinct disorder from attention-deficit/hyperactivity disorder (with hyperactivity). *Development and psychopathology*, 17(3), 807–825.
- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science*, 318(5855), 1387–1388.  
<https://doi.org/10.1126/science.1151148>
- Diamond, A., & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental cognitive neuroscience*, 18, 34–48.
- Diamond, A., & Ling, D. S. (2019). Aerobic-exercise and resistance-training interventions have been among the least effective ways to improve executive functions of any method tried thus far. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 37.  
<https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.05.001>

- Dignath, C., Buettner, G., & Langfeldt, H.-P. (2008). How can primary school students learn self-regulated learning strategies most effectively?: A meta-analysis on self-regulation training programmes. *Educational Research Review*, 3(2), 101-129. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2008.02.003>
- Direction générale de l'éducation et de la culture. (2000). *Rapport européen sur la qualité de l'éducation scolaire*. Commission Européenne. [https://www.parentsparticipation.eu/sites/default/files/pagina/6.\\_commission\\_europ.pdf](https://www.parentsparticipation.eu/sites/default/files/pagina/6._commission_europ.pdf)
- Doly, A.-M. (1998). *Métacognition et pédagogie : Enjeux et propositions pour l'introduction de la métacognition à l'école* [Thèse de doctorat, Lyon 2]. [http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/1998/doly\\_am#p=0&a=top](http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/1998/doly_am#p=0&a=top)
- Doly, A.-M. (2006). La métacognition : De sa définition par la psychologie à sa mise en oeuvre à l'école. In G. Toupiol (Éd.), *Apprendre et Comprendre. Place et rôle de la métacognition dans l'aide spécialisée*. (p. 84-124). Retz.
- Dommett, E. J., Devonshire, I. M., Sewter, E., & Greenfield, S. A. (2013). The impact of participation in a neuroscience course on motivational measures and academic performance. *Trends in Neuroscience and Education*, 2(3), 122–138. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2013.05.002>
- Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., Marquéz, J. R. G., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P. J., Münkemüller, T., McClean, C., Osborne, P. E., Reineking, B., Schröder, B., Skidmore, A. K., Zurell, D., & Lautenbach, S. (2013). Collinearity : A review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36(1), 27-46. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>
- Dortier, J.-F. (2014). *Le cerveau et la pensée : Le nouvel âge des sciences cognitives (2è ed.)*. Sciences Humaines Editions. <http://web.a.ebscohost.com.ezproxy.normandie-univ.fr/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzgwNjQxOF9fQU41?sid=055f57f8-1401-4588-846d-6a291d47b5fb@sdv-v-sessmgr03&vid=1&format=EB&rid=1>
- Dos Santos, S., & Rakocevic, R. (2012). *Les cadres d'évaluation en vue d'améliorer les résultats scolaires—Etude de l'OCDE. Rapport de base pour la France*. Ministère de l'Education Nationale.

- Dumont, M., Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (2000). French Adaptation of the General Self-Efficacy Scale. <http://userpage.fu-berlin.de/~health/french.htm>.
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., Pagani, L. S., Feinstein, L., Engel, M., & Brooks-Gunn, J. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental psychology*, *43*(6), 1428-1446.
- Dunlosky, J., & Metcalfe, J. (2009). *Metacognition*. SAGE Publications.
- Dunlosky, J., & Rawson, K. A. (2012). Overconfidence produces underachievement : Inaccurate self evaluations undermine students' learning and retention. *Learning and Instruction*, *22*(4), 271–280. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.08.003>
- Dunning, D., Johnson, K., Ehrlinger, J., & Kruger, J. (2003). Why people fail to recognize their own incompetence. *Current directions in psychological science*, *12*(3), 83–87. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.01235>
- Dweck, C. S. (2000). *Self-theories : Their role in motivation, personality, and development*. Psychology Press.
- Dweck, C. S. (2002). The development of ability conceptions. In A. Wigfield & J. S. Eccles (Éds.), *Development of achievement motivation* (p. 57–88). Academic Press.
- Dwyer, D. B., Harrison, B. J., Yücel, M., Whittle, S., Zalesky, A., Pantelis, C., Allen, N. B., & Fornito, A. (2016). Adolescent Cognitive Control : Brain Network Dynamics. In G. Fink (Éd.), *Stress : Concepts, Cognition, Emotion, and Behavior: Vol. Volume 1 of the Handbook of Stress Series* (p. 177–185). Academic Press.
- Eakin, L., Minde, K., Hechtman, L., Ochs, E., Krane, E., Bouffard, R., Greenfield, B., & Looper, K. (2004). The marital and family functioning of adults with ADHD and their spouses. *Journal of Attention Disorders*, *8*(1), 1–10.
- EEF. (2016). « *Technical Appendix : Meta-Cognition and Self-Regulation* ». Education Endowment Foundation. [https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Toolkit/Technical\\_Appendix/EEF\\_Technical\\_Appendix\\_Meta\\_Cognition\\_and\\_Self\\_Regulation.pdf](https://educationendowmentfoundation.org.uk/public/files/Toolkit/Technical_Appendix/EEF_Technical_Appendix_Meta_Cognition_and_Self_Regulation.pdf)
- Efklides, A. (2001). Metacognitive experiences in problem solving. In A. Efklides, J. Kuhl, & R. M. Sorrentino (Éds.), *Trends and prospects in motivation research* (p. 297–323). Springer.

- Efklides, A. (2002). Feelings and judgments as subjective evaluations of cognitive processing : How reliable are they? *Psychology: The Journal of the Hellenic Psychological Society*, 9(2), 163-184.
- Efklides, A. (2006). Metacognition and affect : What can metacognitive experiences tell us about the learning process? *Educational research review*, 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.  
<https://doi.org/10.1027/1016-9040.13.4.277>
- Efklides, A., Samara, A., & Petropoulou, M. (1999). Feeling of difficulty : An aspect of monitoring that influences control. *European journal of psychology of education*, 14(4), 461–476. <https://doi.org/10.1007/BF03172973>
- Eme, E., & Rouet, J.-F. (2001). Les connaissances métacognitives en lecture-compréhension chez l'enfant et l'adulte. *Enfance*, 53(4), 309–328.  
<https://doi.org/10.3917/enf.534.0309>
- Espinet, S. D., Anderson, J. E., & Zelazo, P. D. (2013). Reflection training improves executive function in preschool-age children : Behavioral and neural effects. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 4, 3-15.  
<https://doi.org/10.1016/j.dcn.2012.11.009>
- Fairchild, G., van Goozen, S. H., Stollery, S. J., Aitken, M. R., Savage, J., Moore, S. C., & Goodyer, I. M. (2009). Decision making and executive function in male adolescents with early-onset or adolescence-onset conduct disorder and control subjects. *Biological psychiatry*, 66(2), 162–168.
- Faivre, N., Filevich, E., Solovey, G., Kühn, S., & Blanke, O. (2018). Behavioral, modeling, and electrophysiological evidence for supramodality in human metacognition. *Journal of Neuroscience*, 38(2), 263–277.  
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0322-17.2017>
- Famose, J.-P., & Bertsch, J. (2009). *L'estime de soi : Une controverse éducative*. Presses universitaires de France.
- Famose, J.-P., & Margnes, E. (2016). *Apprendre à apprendre*. De Boeck.

- Fayol, M., & Monteil, J.-M. (1994). Stratégies d'apprentissage/apprentissage de stratégies. *Revue française de pédagogie*, *106*, 91–110.
- Feather, N. T. (1982). *Expectations and Actions : Expectancy-Value Models in Psychology*. Lawrence Erlbaum.
- Ferrero, M., Garaizar, P., & Vadillo, M. A. (2016). Neuromyths in education : Prevalence among Spanish teachers and an exploration of cross-cultural variation. *Frontiers in human neuroscience*, *10*, 496-507. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00496>
- Fisher, R. (1998). Thinking about thinking : Developing metacognition in children. *Early Child Development and Care*, *141*(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/0300443981410101>
- Fitzgerald, L. M., Arvaneh, M., & Dockree, P. M. (2017). Domain-specific and domain-general processes underlying metacognitive judgments. *Consciousness and Cognition*, *49*, 264–277. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2017.01.011>
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In B. Resnick (Éd.), *The nature of intelligence* (Vol. 12, p. 231–235). 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. (2004). Theory-of-mind development : Retrospect and prospect. *Merrill-Palmer Quarterly*, *50*(3), 274–290.
- Flavell, J. H., Miller, P. H., & Miller, S. A. (2002). *Cognitive development* (4<sup>e</sup> éd.). Prentice Hall.
- Flavell, J. H., Speer, J. R., Green, F. L., August, D. L., & Whitehurst, G. J. (1981). The Development of Comprehension Monitoring and Knowledge about Communication. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, *46*(5), 1-65. <https://doi.org/10.2307/1165875>
- Flavell, J. H., & Wellman, H. M. (1977). Metamemory. In R. V. Kail & J. W. Hagen (Éds.), *Perspectives on the Development of Memory and Cognition* (p. 3–33). Lawrence Erlbaum.

- Fleming, S. M., Ryu, J., Golfinos, J. G., & Blackmon, K. E. (2014). Domain-specific impairment in metacognitive accuracy following anterior prefrontal lesions. *Brain*, *137*(10), 2811–2822. <https://doi.org/10.1093/brain/awu221>
- Fleur, D. S., Bredeweg, B., & van den Bos, W. (2021). Metacognition : Ideas and insights from neuro- and educational sciences. *NPJ Science of Learning*, *6*, 13-23. <https://doi.org/10.1038/s41539-021-00089-5>
- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind : An essay on faculty psychology*. MIT Press.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Fuhs, M. W., Nesbitt, K. T., Farran, D. C., & Dong, N. (2014). Longitudinal associations between executive functioning and academic skills across content areas. *Developmental Psychology*, *50*(6), 1698-1709.
- Gabrieli, J. D. (2016). The promise of educational neuroscience : Comment on Bowers (2016). *Psychological Review*, *123*(5), 613-619. <https://doi.org/10.1037/rev0000034>
- Gagné, P. P., & Longpré, L.-P. (2004). *Apprendre... Avec Réfecto*. Chenelière Education. <https://www.cheneliere.ca/2305-livre-apprendre-avec-reflecto-livre-seulement-.html>
- Gardes, M.-L., Croset, M.-C., Courtier, P., & Prado, J. (2021). Comment la didactique des mathématiques peut-elle informer l'étude de la cognition numérique ? L'exemple d'une étude collaborative autour de la pédagogie Montessori à l'école maternelle. *Raisons éducatives*, *25*(1), 237-259.
- Gardner, H. (1993). *Histoire de la révolution cognitive : La nouvelle science de l'esprit* (J.-L. Peytavin, Trad.). Editions Payot.
- Gaskins, I. W., & Pressley, M. (2007). Teaching metacognitive strategies that address executive function processes within a schoolwide curriculum. In L. Meltzer, *Executive function in education : From theory to practice* (Guilford Publications, p. 261-286).

- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C., & Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment : Evidence from national curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology, 18*, 1–16.
- Gaussel, M., & Reverdy, C. (2013). *Neurosciences et éducation : La bataille des cerveaux* [Dossier d'actualité Veille et Analyse, n°86]. ENS Lyon.
- Gauthier, C., Bissonnette, S., & Richard, M. (2013). *Enseignement explicite et réussite des élèves : La gestion des apprentissages*. De Boeck.
- Geary, D. C. (2003). Learning disabilities in arithmetic : Problem-solving differences and cognitive deficits. In H. L. Swanson, K. R. Harris, & S. Graham (Éds.), *Handbook of learning disabilities* (p. 199–212). Guilford Press.
- Genoud, P. A. (2011). *Indice de position socioéconomique (IPSE) : Un calcul simplifié*. Université de Fribourg. Disponible en ligne : [www3.unifr.ch/cerf/fr/indice-de-position-socioeconomique.html](http://www3.unifr.ch/cerf/fr/indice-de-position-socioeconomique.html)
- Georghiades, P. (2004). From the general to the situated : Three decades of metacognition. *International Journal of Science Education, 26*(3), 365–383. <https://doi.org/10.1080/0950069032000119401>
- Gersten, R., Chard, D. J., Jayanthi, M., Baker, S. K., Morphy, P., & Flojo, J. (2009). Mathematics instruction for students with learning disabilities : A meta-analysis of instructional components. *Review of Educational Research, 79*(3), 1202–1242. <https://doi.org/10.3102/0034654309334431>
- Geurten, M., & Bastin, C. (2019). Behaviors speak louder than explicit reports : Implicit metacognition in 2.5-year-old children. *Developmental science, 22*(2), e12742.
- 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>
- Geurten, M., Lejeune, C., & Meulemans, T. (2016). Time's up! Involvement of metamemory knowledge, executive functions, and time monitoring in children's prospective memory performance. *Child Neuropsychology, 22*(4), 443–457. <https://doi.org/10.1080/09297049.2014.998642>

- Geurten, M., Meulemans, T., & Lemaire, P. (2018). From domain-specific to domain-general? The developmental path of metacognition for strategy selection. *Cognitive Development, 48*, 62–81. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2018.08.002>
- Ghetti, S., Lyons, K. E., Lazzarin, F., & Cornoldi, C. (2008). The development of metamemory monitoring during retrieval : The case of memory strength and memory absence. *Journal of experimental child psychology, 99*(3), 157–181. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2007.11.001>
- Gick, M. L., & Holyoak, K. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive psychology, 12*, 306-355. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(80\)90013-4](https://doi.org/10.1016/0010-0285(80)90013-4)
- Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., & Kenworthy, L. (2000). *Behavior rating inventory of executive function : BRIEF*. Psychological Assessment Resources Odessa, FL.
- Glaser, R., Schauble, L., Raghavan, K., & Zeitz, C. (1992). Scientific reasoning across different domains. In E. De Corte, M. C. Linn, H. Mandl, & L. Verschaffel (Éds.), *Computer-based learning environments and problem solving* (Nato ASI Series F, Vol. 84, p. 345–371). Springer.
- Gombert, J.-É. (1990). *Le développement métalinguistique*. Presses Universitaires de France.
- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education : From research to practice? *Nature reviews neuroscience, 7*(5), 406–413. <https://doi.org/10.1038/nrn1907>
- Gourgey, A. F. (2001). Metacognition in basic skills instruction. In H. J. Hartman (Éd.), *Metacognition in Learning and Instruction : Theory, Research and Practice*. Kluwer Academic Publishers.
- Grammer, J. K., Purtell, K. M., Coffman, J. L., & Ornstein, P. A. (2011). Relations between children’s metamemory and strategic performance : Time-varying covariates in early elementary school. *Journal of Experimental Child Psychology, 108*(1), 139–155. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.08.001>
- Graybiel, A. M. (2008). Habits, rituals, and the evaluative brain. *Annual Review of Neuroscience, 31*, 359–387. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.29.051605.112851>

- Greene, J. A., Moos, D. C., Azevedo, R., & Winters, F. I. (2008). Exploring differences between gifted and grade-level students' use of self-regulatory learning processes with hypermedia. *Computers & Education*, 50(3), 1069–1083.
- Gurgand, M. (2018). *Expérimentation scolaire : Du laboratoire à la classe*. Les sciences cognitives dans la salle de classe, Paris. <https://www.reseau-canope.fr/notice/experimentation-scolaire-du-laboratoire-a-la-classe.html>
- Hacker, D. J., Dunlosky, J., & Graesser, A. C. (2009). A growing sense of « agency ». In D. J. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Éds.), *Handbook of metacognition in education* (p. 1-4). Routledge.
- Hacker, D. J., Keener, M. C., & Kircher, J. C. (2009). Writing is applied metacognition. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Éds.), *Handbook of metacognition in education* (p. 154–172). Routledge.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate data analysis : A global perspective*. Pearson Education.
- Hart, L. A. (1983). *Human brain & human learning*. Longman.
- Hartman, H. J. (2001). Developing Students' Metacognitive Knowledge and Strategies. In H. J. Hartman (Éd.), *Metacognition in learning and instruction : Theory, research, and practice* (p. 33-68). Kluwer Academic Publishers. [https://www.researchgate.net/publication/274710464\\_Developing\\_Students'\\_Metacognitive\\_Knowledge\\_and\\_Skills](https://www.researchgate.net/publication/274710464_Developing_Students'_Metacognitive_Knowledge_and_Skills)
- Hattie, J. (2009). *Visible learning : A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Hayes, A. F. (2013). *Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis : A Regression-Based Approach*. Guilford Press.
- Hembacher, E., & Ghetti, S. (2013). How to bet on a memory : Developmental linkages between subjective recollection and decision making | Elsevier Enhanced Reader. *Journal of Experimental Child Psychology*, 115, 436-452. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.03.010>

- Hembacher, E., & Ghetti, S. (2014). Don't look at my answer : Subjective uncertainty underlies preschoolers' exclusion of their least accurate memories. *Psychological Science*, 25(9), 1768–1776.
- Hovington, S., & Bazinet, J. (2004). *Les Multibrios (la valise et tous ses articles)*. Chenelière Education. <https://www.cheneliere.ca/9612-livre-les-multibrios-la-valise-et-tous-ses-articles-.html>
- Howard-Jones, P. A., Varma, S., Ansari, D., Butterworth, B., De Smedt, B., Goswami, U., Laurillard, D., & Thomas, M. S. (2016). The principles and practices of educational neuroscience : Comment on Bowers (2016). *Psychological Review*, 123(5), 620-627. <https://doi.org/10.1037/rev0000036>
- Hughes, C., & Dunn, J. (1998). Understanding mind and emotion : Longitudinal associations with mental-state talk between young friends. *Developmental psychology*, 34(5), 1026-1037.
- Hutchens, R. L., Kinsella, G. J., Ong, B., Pike, K. E., Parsons, S., Storey, E., Ames, D., Saling, M. M., Mullaly, E., Rand, E., & Clare, L. (2012). Knowledge and use of memory strategies in amnesic mild cognitive impairment. *Psychology and Aging*, 27(3), 768-777. <https://doi.org/10.1037/a0026256>
- Jacob, R., & Parkinson, J. (2015). The potential for school-based interventions that target executive function to improve academic achievement : A review. *Review of Educational Research*, 85(4), 512–552.
- Jaycox, L. H., McCaffrey, D. F., Ocampo, B. W., Shelley, G. A., Blake, S. M., Peterson, D. J., Richmond, L. S., & Kub, J. E. (2006). Challenges in the evaluation and implementation of school-based prevention and intervention programs on sensitive topics. *American Journal of Evaluation*, 27(3), 320–336. <https://doi.org/10.1177/1098214006291010>
- Jeffress, L. A. (Éd.). (1951). *Cerebral mechanisms in behavior. The Hixon Symposium*. John Wiley.
- Kahneman, D. (2003). A perspective on judgment and choice : Mapping bounded rationality. *American psychologist*, 58(9), 697-720. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.58.9.697>

- Karbach, J., & Kray, J. (2009). How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Developmental science*, *12*(6), 978–990.
- Karmiloff-Smith, A. (1985). Language and cognitive processes from a developmental perspective. *Language and cognitive processes*, *1*(1), 61–85.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). Nature, nurture and PDP: Preposterous developmental postulates? *Connection Science*, *4*(3-4), 253–269. <https://doi.org/10.1080/09540099208946618>
- Karpicke, J. D., & Roediger, H. L. (2008). The critical importance of retrieval for learning. *science*, *319*(5865), 966–968. <https://doi.org/10.1126/science.1152408>
- Kaufman, A. S., & Kaufman, N. L. (2006). *Kaufman Brief Intelligence Test – Second Edition manual*. NCS Pearson.
- Kelemen, W. L., Frost, P. J., & Weaver, C. A. (2000). Individual differences in metacognition: Evidence against a general metacognitive ability. *Memory & cognition*, *28*(1), 92–107.
- Keyser, S. J., Miller, G. A., & Walker, E. (1978). *Cognitive Science, 1978. Report of The State of the Art Committee to The Advisors of The Alfred P. Sloan Foundation*. Online: [http://www.cbi.umn.edu/hostedpublications/pdf ...](http://www.cbi.umn.edu/hostedpublications/pdf...)
- Kieffer, M. J., Vukovic, R. K., & Berry, D. (2013). Roles of attention shifting and inhibitory control in fourth-grade reading comprehension. *Reading Research Quarterly*, *48*(4), 333–348.
- Kilford, E. J., Garrett, E., & Blakemore, S.-J. (2016). The Development of Social Cognition in Adolescence: An Integrated Perspective. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *70*, 106–120. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.08.016>
- Kleibeuker, S. W., Stevenson, C. E., van der Aar, L., Overgaauw, S., van Duijvenvoorde, A. C., & Crone, E. A. (2017). Training in the adolescent brain: An fMRI training study on divergent thinking. *Developmental psychology*, *53*(2), 353–365.
- Kluwe, R. H. (1982). Cognitive knowledge and executive control: Metacognition. In *Animal mind—Human mind* (p. 201–224). Springer.

- Koriat, A. (2000). The feeling of knowing: Some metatheoretical implications for consciousness and control. *Consciousness and cognition*, 9(2), 149–171. <https://doi.org/10.1006/ccog.2000.0433>
- Koriat, A. (2011). Subjective confidence in perceptual judgments: A test of the self-consistency model. *Journal of Experimental Psychology: General*, 140(1), 117–139. <https://doi.org/10.1037/a0022171>
- Koriat, A., & Ackerman, R. (2010). Choice latency as a cue for children's subjective confidence in the correctness of their answers. *Developmental Science*, 13(3), 441–453. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00907.x>
- Koriat, A., & Levy-Sadot, R. (2000). Conscious and unconscious metacognition: A rejoinder. *Consciousness and cognition*, 9, 139–202. <https://doi.org/10.1006/ccog.2000.0436>
- Koriat, A., Ma'ayan, H., & Nussinson, R. (2006). The intricate relationships between monitoring and control in metacognition: Lessons for the cause-and-effect relation between subjective experience and behavior. *Journal of experimental psychology: general*, 135(1), 36–69. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.135.1.36>
- Kramarski, B., & Mevarech, Z. R. (2003). Enhancing mathematical reasoning in the classroom: The effects of cooperative learning and metacognitive training. *American Educational Research Journal*, 40(1), 281–310.
- Kramarski, B., Mevarech, Z. R., & Arami, M. (2002). The effects of metacognitive instruction on solving mathematical authentic tasks. *Educational studies in mathematics*, 49(2), 225–250.
- Krebs, S. S., & Roebbers, C. M. (2010). Children's strategic regulation, metacognitive monitoring, and control processes during test taking. *British Journal of Educational Psychology*, 80(3), 325–340. <https://doi.org/10.1348/000709910X485719>
- Krebs, S. S., & Roebbers, C. M. (2012). The impact of retrieval processes, age, general achievement level, and test scoring scheme for children's metacognitive monitoring and controlling. *Metacognition and Learning*, 7(2), 75–90.

- Kreutzer, M. A., Leonard, C., Flavell, J. H., & Hagen, J. W. (1975). An interview study of children's knowledge about memory. *Monographs of the society for research in child development*, 40(1), 1–60.
- Kruger, J., & Dunning, D. (1999). Unskilled and unaware of it: How difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. *Journal of personality and social psychology*, 77(6), 1121-1134.
- Kuhn, D. (1999). A developmental model of critical thinking. *Educational researcher*, 28(2), 16–46. <https://doi.org/10.3102/0013189X028002016>
- Kuhn, D. (2000). Metacognitive development. *Current directions in psychological science*, 9(5), 178–181. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00088>
- Lamm, C., Zelazo, P. D., & Lewis, M. D. (2006). Neural correlates of cognitive control in childhood and adolescence : Disentangling the contributions of age and executive function. *Neuropsychologia*, 44(11), 2139–2148. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.10.013>
- Lanoë, C., Lubin, A., & Rossi, S. (2016). Découvrir son cerveau pour mieux apprendre. *Les Cahiers pédagogiques*, 527, 39-40.
- Lanoë, C., Rossi, S., Froment, L., & Lubin, A. (2015). Le programme pédagogique neuroéducatif «À la découverte de mon cerveau» : Quels bénéfices pour les élèves d'école élémentaire? *A.N.A.E.*, 134, 1-8.
- Larkin, S. (2006). Collaborative group work and individual development of metacognition in the early years. *Research in science education*, 36(1-2), 7–27.
- Latzman, R. D., Elkovitch, N., Young, J., & Clark, L. A. (2010). The contribution of executive functioning to academic achievement among male adolescents. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 32(5), 455-462. <https://doi.org/10.1080/13803390903164363>
- Lipko, A. R., Dunlosky, J., & Merriman, W. E. (2009). Persistent overconfidence despite practice : The role of task experience in preschoolers' recall predictions. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(2), 152–166.

- Lockl, K., & Schneider, W. (2006). Precursors of metamemory in young children : The role of theory of mind and metacognitive vocabulary. *Metacognition and Learning, 1*, 15–31. <https://doi.org/10.1007/s11409-006-6585-9>
- Lockl, K., & Schneider, W. (2007). Knowledge about the mind : Links between theory of mind and later metamemory. *Child Development, 78*(1), 148–167. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.00990.x>
- Lories, G., Dardenne, B., & Yzerbyt, V. Y. (1998). From social cognition to metacognition. In V. Y. Yzerbyt, G. Lories, & B. Dardenne (Éds.), *Metacognition : Cognitive and social dimensions* (p. 1-15). Sage.
- 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. *Neuroéducation, 1*, 55-84. <https://doi.org/10.24046/neuroed.20120101.55>
- Luna, B. (2009). The maturation of cognitive control and the adolescent brain. In F. Aboitiz & D. Cosmelli (Éds.), *From Attention to Goal-Directed Behavior* (p. 249–274). Springer.
- Lyons, K. E., & Ghetti, S. (2010). Metacognitive development in early childhood : New questions about old assumptions. In A. Efklides & P. Misailidi (Éds.), *Trends and prospects in metacognition research* (p. 259–278). Springer US.
- Lyons, K. E., & Ghetti, S. (2011). The development of uncertainty monitoring in early childhood. *Child development, 82*(6), 1778–1787. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2011.01649.x>
- Lyons, K. E., & Ghetti, S. (2013). I don't want to pick ! Introspection on uncertainty supports early strategic behavior. *Child development, 84*(2), 726–736. <https://doi.org/10.1111/cdev.12004>
- Malsert, J., Theurel, A., & Gentaz, E. (2013). Évaluation des effets d'un programme «Atelier cognitif (AC) : Comprendre le fonctionnement du cerveau pour mieux apprendre» sur les performances d'élèves de seconde générale. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant, 123*, 120–126.

- Mannion, J., & Mercer, N. (2016). Learning to learn : Improving attainment, closing the gap at Key Stage 3. *The Curriculum Journal*, 27(2), 246–271. <https://doi.org/10.1080/09585176.2015.1137778>
- 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, 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.12.017>
- Marulis, L. M., & Nelson, L. J. (2021). 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>
- Mason, L. H. (2004). Explicit Self-Regulated Strategy Development Versus Reciprocal Questioning : Effects on Expository Reading Comprehension Among Struggling Readers. *Journal of Educational Psychology*, 96(2), 283-296. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.2.283>
- McClelland, M. M., Cameron, C. E., Connor, C. M., Farris, C. L., Jewkes, A. M., & Morrison, F. J. (2007). Links between behavioral regulation and preschoolers’ literacy, vocabulary, and math skills. *Developmental Psychology*, 43(4), 947-959.
- McCurdy, L. Y., Maniscalco, B., Metcalfe, J., Liu, K. Y., De Lange, F. P., & Lau, H. (2013). Anatomical coupling between distinct metacognitive systems for memory and visual perception. *Journal of Neuroscience*, 33(5), 1897–1906. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1890-12.2013>
- McDaniel, M. A., & Bugg, J. M. (2012). Memory training interventions : What has been forgotten? *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 1(1), 45–50. <https://doi.org/10.1016 / j.jarmac.2011.11.002>
- McFarlin, D. B., Baumeister, R. F., & Blascovich, J. (1984). On knowing when to quit : Task failure, self-esteem, advice, and nonproductive persistence. *Journal of Personality*, 52(2), 138–155. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.1984.tb00349.x>
- McMahon, K., Yeh, C. S.-H., & Etchells, P. J. (2019). The impact of a modified initial teacher education on challenging trainees’ understanding of neuromyths. *Mind, Brain, and Education*, 13(4), 288–297. <https://doi.org/10.1111/mbe.12219>

- Melby-Lervag, M., & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, *49*(2), 270-291.
- Metcalfe, J., & Finn, B. (2013). Metacognition and control of study choice in children. *Metacognition and learning*, *8*(1), 19–46. <https://doi.org/10.1007/s11409-013-9094-7>
- Miciak, J., Cirino, P. T., Ahmed, Y., Reid, E., & Vaughn, S. (2019). Executive functions and response to intervention : Identification of students struggling with reading comprehension. *Learning Disability Quarterly*, *42*(1), 17–31.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An Integrative Theory of Prefrontal Cortex Function. *Annual review of neuroscience*, *24*(1), 167–202. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two : Some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, *63*(2), 81. <https://doi.org/10.1037/h0043158>
- Miller, H. V., Barnes, J. C., & Beaver, K. M. (2011). Self-control and health outcomes in a nationally representative sample. *American journal of health behavior*, *35*(1), 15–27.
- Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. (2015). *Dossier de Presse Collège 2016*.
- Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse. *Arrêté du 17 juillet 2018 modifiant l'arrêté du 9 novembre 2015 fixant les programmes d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4)* ; [en ligne] Journal Officiel n°2166 du 21 juillet 2018. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000037235232&categorieLien=id> (Consulté le 26/09/2019)
- Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse. *Décret n°2015-372 du 31 mars 2015 relatif au socle commun de connaissances, de compétences et de culture* ; [en ligne] Journal Officiel n°0078 du 2 avril 2015, p. 6034. Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000030426718&categorieLien=id> (Consulté le 26/09/2019)

- Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse. *Note de service n° 2019-072 du 28 mai 2019 relatif aux attendus de fin d'année et repères annuels de progression* ; [en ligne] Bulletin Officiel n° 22 du 29 mai 2019. Disponible sur : [https://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin\\_officiel.html?cid\\_bo=141642](https://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?cid_bo=141642) (Consulté le 01/10/2019)
- Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse. (2018). *Conseil scientifique de l'Éducation Nationale : Présentation et activités 2019-2020*. Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse. [https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user\\_upload/Projets/conseil\\_scientifique\\_education\\_nationale/CSEN\\_Activites\\_2019-2020\\_WEB.pdf](https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nationale/CSEN_Activites_2019-2020_WEB.pdf)
- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*(4), 621-640.
- Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., Houts, R., Poulton, R., Roberts, B. W., & Ross, S. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *108*(7), 2693–2698.
- Morales, J., Lau, H., & Fleming, S. M. (2018). Domain-general and domain-specific patterns of activity supporting metacognition in human prefrontal cortex. *Journal of Neuroscience*, *38*(14), 3534–3546. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2360-17.2018>
- Moreno, S., Bialystok, E., Barac, R., Schellenberg, E. G., Cepeda, N. J., & Chau, T. (2011). Short-term music training enhances verbal intelligence and executive function. *Psychological science*, *22*(11), 1425–1433.
- Morgan, P. L., Farkas, G., Wang, Y., Hillemeier, M. M., Oh, Y., & Maczuga, S. (2019). Executive function deficits in kindergarten predict repeated academic difficulties across elementary school. *Early Childhood Research Quarterly*, *46*, 20–32.
- Morrison, F. J., Ponitz, C. C., & McClelland, M. M. (2010). Self-regulation and academic achievement in the transition to school. In S. D. Calkins & M. Bell (Éds.), *Child*

- development at the intersection of emotion and cognition* (Vol. 1, p. 203–224). American Psychological Association.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., & Hooper, M. (2016). *TIMSS 2015 International results in mathematics*. TIMSS & PIRLS International Study Center. TIMSS & PIRLS International Study Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/>
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., & Hooper, M. (2017). *PIRLS 2016 International results in reading*. TIMSS & PIRLS International Study Center. TIMSS & PIRLS International Study Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/pirls2016/international-results/>
- Multon, K. D., Brown, S. D., & Lent, R. W. (1991). Relation of self-efficacy beliefs to academic outcomes: A meta-analytic investigation. *Journal of counseling psychology, 38*(1), 30-38. <https://doi.org/10.1037/0022-0167.38.1.30>
- Murray, J., Theakston, A., & Wells, A. (2016). Can the attention training technique turn one marshmallow into two? Improving children's ability to delay gratification. *Behaviour Research and Therapy, 77*, 34-39. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2015.11.009>
- Nelms, A. A., & Segura-Totten, M. (2019). Expert–Novice Comparison Reveals Pedagogical Implications for Students' Analysis of Primary Literature. *CBE—Life Sciences Education, 18*(4), 1-12. <https://doi.org/10.1187/cbe.18-05-0077>
- Nelson, E. E., & Guyer, A. E. (2011). The development of the ventral prefrontal cortex and social flexibility. *Developmental cognitive neuroscience, 1*(3), 233–245. <https://doi.org/10.1017/S0033291704003915>
- Nelson, T. O. (1996). Consciousness and metacognition. *American psychologist, 51*(2), 102-116. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.51.2.102>
- Nelson, T. O., & Narens, L. (1990). Metamemory: A theoretical framework and new findings. In G. H. Bower (Éd.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 26, p. 125–141). Academic Press.
- Nelson, T. O., & Narens, L. (1994). Why investigate metacognition? In J. M. Metcalfe & A. P. Shimamura (Éds.), *Metacognition : Knowing about knowing* (p. 1–25). MIT Press.

- Neuenhaus, N., Artelt, C., Lingel, K., & Schneider, W. (2011). Fifth graders metacognitive knowledge : General or domain-specific? *European Journal of Psychology of Education, 26*(2), 163–178.
- Nietfeld, J. L., & Schraw, G. (2002). The effect of knowledge and strategy training on monitoring accuracy. *The Journal of Educational Research, 95*(3), 131–142. <https://doi.org/10.1080/00220670209596583>
- Ninnin, L.-M., & Pastor, J.-M. (2020). *CEDRE 2008-2014-2019 Mathématiques en fin d'école : Des résultats en baisse* (Note d'information 20.33). MENESR-DEPP.
- Nussbaum, A. D., & Dweck, C. S. (2008). Defensiveness versus remediation : Self-theories and modes of self-esteem maintenance. *Personality and Social Psychology Bulletin, 34*(5), 599–612.
- OCDE. (2002). *Comprendre le cerveau : Vers une nouvelle science de l'apprentissage*. OCDE. <http://www.oecd.org/fr/presse/comprendrelecerveauversunenouvellesciencedelapprentissage.htm>
- OCDE. (2007). *Comprendre le cerveau : Naissance d'une science de l'apprentissage*. Editions OCDE. [https://read.oecd-ilibrary.org/education/comprendre-le-cerveau-naissance-d-une-science-de-l-apprentissage\\_9789264029156-fr](https://read.oecd-ilibrary.org/education/comprendre-le-cerveau-naissance-d-une-science-de-l-apprentissage_9789264029156-fr)
- OCDE. (2015). *Perspectives de l'OCDE sur les compétences 2015 : Les jeunes, les compétences et l'employabilité*. Editions OCDE.
- OCDE. (2019a). *PISA 2018 Results (Volume II) : Where All Students Can Succeed*. Editions OCDE. [https://www.oecd-ilibrary.org/fr/education/pisa-2018-results-volume-ii\\_b5fd1b8f-en](https://www.oecd-ilibrary.org/fr/education/pisa-2018-results-volume-ii_b5fd1b8f-en)
- OCDE. (2019b). *Résultats du PISA 2018 (Volume I) : Savoirs et savoir-faire des élèves*. Editions OCDE. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/ec30bc50-fr.pdf?expires=1591795100&id=id&accname=guest&checksum=FF88E85A1131C1694A683BE7A6A054F7>
- Palinscar, A. S., & Brown, A. L. (1984). Reciprocal Teaching of Comprehension-Fostering and Comprehension-Monitoring Activities. *Cognition and Instruction, 1*(2), 117-175. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci0102\\_1](https://doi.org/10.1207/s1532690xci0102_1)

- Panaoura, A., & Philippou, G. (2007). The developmental change of young pupils' metacognitive ability in mathematics in relation to their cognitive abilities. *Cognitive Development, 22*(2), 149–164. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2006.08.004>
- Pape, S. J., & Wang, C. (2003). Middle school children's strategic behavior : Classification and relation to academic achievement and mathematical problem solving. *Instructional Science, 31*, 419–449. <https://doi.org/10.1023/A:1025710707285>
- Paris, S. G., & Byrnes, J. P. (1989). The constructivist approach to self-regulation and learning in the classroom. In B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Éds.), *Self-regulated learning and academic achievement* (p. 169–200). Springer.
- Paris, S. G., & Winograd, P. (1990a). How metacognition can promote academic learning and instruction. In B. F. Jones & L. Idol (Éds.), *Dimensions of thinking and cognitive instruction* (p. 15–51). Lawrence Erlbaum.
- Paris, S. G., & Winograd, P. (1990b). Promoting metacognition and motivation of exceptional children. *Remedial and special Education, 11*(6), 7–15.
- Paulus, M., Proust, J., & Sodian, B. (2013). Examining implicit metacognition in 3.5-year-old children : An eye-tracking and pupillometric study. *Frontiers in Psychology, 4*, 145. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00145>
- Pennequin, V., Sorel, O., Nanty, I., & Fontaine, R. (2010). Metacognition and low achievement in mathematics : The effect of training in the use of metacognitive skills to solve mathematical word problems. *Thinking & Reasoning, 16*(3), 198–220. <https://doi.org/10.1080/13546783.2010.509052>
- Pennycook, G. (2018). A Perspective on the Theoretical Foundation of Dual Process Models. In W. De Neys (Éd.), *Dual process theory 2.0* (p. 5–27). Routledge.
- Pennycook, G., Fugelsang, J. A., & Koehler, D. J. (2015). What makes us think? A three-stage dual-process model of analytic engagement. *Cognitive Psychology, 80*, 34-72. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2015.05.001>
- Perkins, D. N. (1992). *Smart schools : Better thinking and learning for every child*. The Free Press.
- Perkins, D. N., & Salomon, G. (1992). Transfer of learning. In *International encyclopedia of education* (2e éd.). Pergamon Press.

- Perry, J., Lundie, D., & Golder, G. (2019). Metacognition in schools: What does the literature suggest about the effectiveness of teaching metacognition in schools? *Educational Review*, 71(4), 483-500. <https://doi.org/10.1080/00131911.2018.1441127>
- Perry, V., Albeg, L., & Tung, C. (2012). Meta-analysis of single-case design research on self-regulatory interventions for academic performance. *Journal of behavioral education*, 21(3), 217–229. <https://doi.org/10.1007/s10864-012-9156-y>
- Piaget, J. (1974). *La prise de conscience*. Presses Universitaires de France.
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Éds.), *Handbook of self-regulation* (p. 451–502). Academic Press.
- Pouget, A., Drugowitsch, J., & Kepecs, A. (2016). Confidence and certainty: Distinct probabilistic quantities for different goals. *Nature neuroscience*, 19(3), 366. <https://doi.org/10.1038/nn.4240>
- Pressley, M., Borkowski, J. G., & Schneider, W. (1987). Cognitive strategies: Good strategies users coordinate metacognition and knowledge. In R. Vasta & G. Whitehurst (Éds.), *Annals of child development* (Vol. 5, p. 89-129). JAI Press.
- Pressley, M., & Levin, J. R. (1986). Elaborative learning strategies for the inefficient learner. In S. J. Ceci (Éd.), *Handbook of Cognitive, Social, and Neuropsychological Aspects of Learning Disabilities*. Lawrence Erlbaum.
- Prochaska, J. O., DiClemente, C. C., & Norcross, J. C. (1992). In search of the structure of change. In Y. Klar, J. D. Fisher, J. M. Chinsky, & A. Nadler (Éds.), *Self change* (p. 87–114). Springer.
- Proust, J. (2011). *Métacognition : Auto-évaluation ou auto-attribution ?* [Cours de Master 2 de Biologie intégrative et physiologie].
- Proust, J. (2019). *La métacognition : Les enjeux pédagogiques de la recherche*. Comité Scientifique de l'Éducation Nationale. <https://www.ih2ef.gouv.fr/la-metacognition-les-enjeux-pedagogiques-de-la-recherche>

- Rabiner, D. L., Murray, D. W., Skinner, A. T., & Malone, P. S. (2010). A randomized trial of two promising computer-based interventions for students with attention difficulties. *Journal of abnormal child psychology*, *38*(1), 131–142.
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01561.x>
- Reder, L. M., & Schunn, C. D. (1996). Metacognition does not imply awareness: Strategy choice is governed by implicit learning and memory. In L. M. Reder (Éd.), *Implicit Memory and Metacognition* (p. 45-78). Lawrence Erlbaum.
- Reif, F. (2008). *Applying Cognitive Science to Education: Thinking and Learning in Scientific and Other Complex Domains*. MIT Press.
- Riggs, N. R., Greenberg, M. T., Kusché, C. A., & Pentz, M. A. (2006). The Mediation Role of Neurocognition in the Behavioral Outcomes of a Social-Emotional Prevention Program in Elementary School Students: Effects of the PATHS Curriculum. *Prevention Science*, *7*(1), 91-102. <https://doi.org/10.1007/s11121-005-0022-1>
- Riggs, N. R., Spruijt-Metz, D., Sakuma, K.-L., Chou, C.-P., & Pentz, M. A. (2010). Executive cognitive function and food intake in children. *Journal of nutrition education and behavior*, *42*(6), 398–403.
- Rinne, L. F., & Mazocco, M. M. (2014). Knowing right from wrong in mental arithmetic judgments: Calibration of confidence predicts the development of accuracy. *PloS one*, *9*(7), 1-11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098663>
- Roderer, T., & Roebbers, C. M. (2010). Explicit and implicit confidence judgments and developmental differences in metamemory: An eye-tracking approach. *Metacognition and Learning*, *5*(3), 229–250. <https://doi.org/10.1007/s11409-010-9059-z>
- Roderer, T., & Roebbers, C. M. (2014). Can you see me thinking (about my answers)? Using eye-tracking to illuminate developmental differences in monitoring and control skills and their relation to performance. *Metacognition and learning*, *9*, 1-23. <https://doi.org/10.1007/s11409-013-9109-4>

- 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(3), 151–173.
- Roebbers, C. M., Kälin, S., & Aeschlimann, E. A. (2019). A comparison of non-verbal and verbal indicators of young children’s metacognition. *Metacognition and Learning*, 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11409-019-09217-4>
- Roebbers, C. M., Krebs, S. S., & Roderer, T. (2014). Metacognitive monitoring and control in elementary school children : Their interrelations and their role for test performance. *Learning and Individual Differences*, 29, 141–149.
- 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., & Spiess, M. (2017). The development of metacognitive monitoring and control in second graders : A short-term longitudinal study. *Journal of cognition and development*, 18(1), 110–128.
- Roebbers, C. M., von der Linden, N., Schneider, W., & Howie, P. (2007). Children’s metamemorial judgments in an event recall task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 97(2), 117–137. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.12.006>
- Rossi, S. (2015). La mémoire chez l’enfant. Transmettre des outils cognitifs pour apprendre. *Education Canada*, 55, 38-40.
- Rossi, S., Lanoë, C., Poirel, N., Pineau, A., Houdé, O., & Lubin, A. (2015). When I Met my brain : Participating in a neuroimaging study influences children’s naïve mind–brain conceptions. *Trends in Neuroscience and Education*, 4(4), 92–97. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2015.07.001>

- Rossi, S., Lubin, A., & Lanoë, C. (2017). *Découvrir le cerveau à l'école : Les sciences cognitives au service des apprentissages*. Canopé Editions, Ministère de l'Éducation Nationale. <https://www.reseau-canope.fr/notice/decouvrir-le-cerveau-a-lecole.html>
- 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. *Neuroeducation, 1*, 29-54. <https://doi.org/10.24046/neuroed.20120101.29>
- Roy, A., Fournet, N., Roulin, J. L., & Le Gall, D. (2013). BRIEF–inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives, adaptation française [Behavior rating inventory of executive function]. *Paris: Hogrefe France Éditions*.
- Rueda, M. R., Checa, P., & Combita, L. M. (2012). Enhanced efficiency of the executive attention network after training in preschool children : Immediate changes and effects after two months. *Developmental Cognitive Neuroscience, 2(S1)*, S192–S204. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2011.09.004>
- Rueda, M. R., Rothbart, M. K., McCandliss, B. D., Saccomanno, L., & Posner, M. I. (2005). Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 102(41)*, 14931–14936. <https://doi.org/10.1073/pnas.0506897102>
- Rutherford, T., Buschkuehl, M., Jaeggi, S. M., & Farkas, G. (2018). Links between achievement, executive functions, and self-regulated learning. *Applied Cognitive Psychology, 32(6)*, 763–774. <https://doi.org/10.1002/acp.3462>
- Sabella, M. S., & Redish, E. F. (2007). Knowledge organization and activation in physics problem solving. *American Journal of Physics, 75(11)*, 1017-1029. <https://doi.org/10.1119/1.2746359>
- Sandi-Urena, S., Cooper, M. M., & Stevens, R. H. (2011). Enhancement of Metacognition Use and Awareness by Means of a Collaborative Intervention. *International Journal of Science Education, 33(3)*, 323-340. <https://doi.org/10.1080/09500690903452922>
- Schneider, W. (2008). The development of metacognitive knowledge in children and adolescents : Major trends and implications for education. *Mind, Brain, and Education, 2(3)*, 114–121. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2008.00041.x>

- Schneider, W. (2015). *Memory development from early childhood through emerging adulthood*. Springer.
- Schneider, W., & Artelt, C. (2010). Metacognition and mathematics education. *ZDM Mathematics Education*, 42(2), 149–161. <https://doi.org/10.1007/s11858-010-0240-2>
- Schneider, W., & Lockl, K. (2002). The development of metacognitive knowledge in children and adolescents. In T. J. Perfect & B. L. Schwartz (Éds.), *Applied Metacognition* (p. 224-257). Cambridge University Press.
- Schneider, W., & Pressley, M. (1997). *Memory Development Between 2 and 20*. Springer-Verlag. <https://b-ok.cc/book/2247738/d274e8>
- Schoemann, A. M., Boulton, A. J., & Short, S. D. (2017). Determining power and sample size for simple and complex mediation models. *Social Psychological and Personality Science*, 8(4), 379–386. <https://doi.org/10.1177/1948550617715068>
- Schommer, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of educational psychology*, 82(3), 498-504. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.3.498>
- Schraw, G., & Dennison, R. S. (1994). Assessing metacognitive awareness. *Contemporary educational psychology*, 19(4), 460–475.
- Schraw, G., Dunkle, M. E., Bendixen, L. D., & Roedel, T. D. (1995). Does a general monitoring skill exist? *Journal of Educational Psychology*, 87(3), 433-444. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.87.3.433>
- Schraw, G., & Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational psychology review*, 7(4), 351–371.
- Schraw, G., & Nietfeld, J. (1998). A further test of the general monitoring skill hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 90(2), 236-248. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.90.2.236>
- Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (1995). Generalized Self-Efficacy scale. In J. Weinman, S. Wright, & M. Johnston, *Measures in health psychology : A user's portfolio. Causal and control beliefs* (p. 35-37). NFER-NELSON.

- Scott, B. M., & Berman, A. F. (2013). Examining the Domain-Specificity of Metacognition Using Academic Domains and Task-Specific Individual Differences. *Australian Journal of Educational & Developmental Psychology*, *13*, 28–43.
- Siedlecka, M., Paulewicz, B., & Wierzchoń, M. (2016). But I was so sure ! Metacognitive judgments are less accurate given prospectively than retrospectively. *Frontiers in psychology*, *7*, 1-8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00218>
- Siegler, R. S., DeLoache, J. S., & Eisenberg, N. (2010). *How Children Develop* (Third edition). Worth Publishers.
- Sigman, M., Peña, M., Goldin, A. P., & Ribeiro, S. (2014). Neuroscience and education : Prime time to build the bridge. *Nature neuroscience*, *17*(4), 497–502. <https://doi.org/10.1038/nn.3672>
- Singh, A. S., Saliassi, E., Van Den Berg, V., Uijtdewilligen, L., De Groot, R. H., Jolles, J., Andersen, L. B., Bailey, R., Chang, Y.-K., Diamond, A., Ericsson, I., Etnier, J. L., Fedewa, A. L., Hillman, C. H., McMorris, T., Pesce, C., Pühse, U., Tomporowski, P. D., & Chinapaw, M. J. M. (2019). Effects of physical activity interventions on cognitive and academic performance in children and adolescents : A novel combination of a systematic review and recommendations from an expert panel. *British Journal of Sports Medicine*, *53*(10), 640–647.
- Slaughter, V., & Gopnik, A. (1996). Conceptual coherence in the child’s theory of mind : Training children to understand belief. *Child development*, *67*(6), 2967–2988. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1996.tb01898.x>
- Smith, K. S., & Graybiel, A. M. (2013). A Dual Operator View of Habitual Behavior Reflecting Cortical and Striatal Dynamics. *Neuron*, *79*(2), 361-374. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.05.038>
- Smith, K. S., Rook, J. E., & Smith, T. W. (2007). Increasing Student Engagement Using Effective and Metacognitive Writing Strategies in Content Areas. *Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth*, *51*(3), 43-48. <https://doi.org/10.3200/PSFL.51.3.43-48>
- 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>
- Snyder, K. E., Nietfeld, J. L., & Linnenbrink-Garcia, L. (2011). Giftedness and metacognition : A short-term longitudinal investigation of metacognitive monitoring in the classroom. *Gifted Child Quarterly*, 55(3), 181–193. <https://doi.org/10.1177/0016986211412769>
- Son, L. K., & Metcalfe, J. (2000). Metacognitive and control strategies in study-time allocation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26(1), 204-221. <https://doi.org/10.1037//0278-7393,26.1.204>
- Song, C., Kanai, R., Fleming, S. M., Weil, R. S., Schwarzkopf, D. S., & Rees, G. (2011). Relating inter-individual differences in metacognitive performance on different perceptual tasks. *Consciousness and cognition*, 20(4), 1787–1792. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2010.12.011>
- Spear, L. P. (2000). Neurobehavioral changes in adolescence. *Current directions in psychological science*, 9(4), 111–114. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00072>
- Spehn, M. K., & Reder, L. M. (2000). The unconscious feeling of knowing : A commentary on Koriat's paper. *Consciousness and cognition*, 9, 187-192. <https://doi.org/10.1006/ccog.2000.0435>
- 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/10.1006/ceps.2001.1091>
- Spierer, L., Chavan, C., & Manuel, A. L. (2013). Training-induced behavioral and brain plasticity in inhibitory control. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 427. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00427>
- Steinberg, L. (2008). A social neuroscience perspective on adolescent risk-taking. *Developmental review*, 28(1), 78–106. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2007.08.002>
- Steiner, M., van Loon, M. H., Bayard, N. S., & Roebers, C. M. (2019). Development of Children's monitoring and control when learning from texts : Effects of age and test format. *Metacognition and learning*, 1–25. <https://doi.org/10.1007/s11409-019-09208-5>

- Sternberg, R. J. (1990). *Metaphors of mind: Conceptions of the nature of intelligence*. Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J. (1998). Metacognition, abilities, and developing expertise : What makes an expert student? *Instructional science*, 26, 127–140. <https://doi.org/10.1023/A:1003096215103>
- Swanson, H. L. (1990). Influence of metacognitive knowledge and aptitude on problem solving. *Journal of educational psychology*, 82(2), 306-314. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.2.306>
- Tang, Y.-Y., Ma, Y., Wang, J., Fan, Y., Feng, S., Lu, Q., Yu, Q., Sui, D., Rothbart, M. K., & Fan, M. (2007). Short-term meditation training improves attention and self-regulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(43), 17152–17156. <https://doi.org/10.1073/pnas.0707678104>
- Tardif, J. (1999). *Le transfert des apprentissages*. Les Éditions Logiques.
- The Jamovi Project. (2021). *Jamovi* (Version 1.6) [Logiciel statistique]. Extrait de <https://www.jamovi.org>
- Thomas, G. P. (2012). Metacognition in Science Education : Past, Present and Future Considerations. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Éds.), *Second International Handbook of Science Education* (p. 131-144). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_11)
- Thompson, V. A. (2009). Dual-process theories : A metacognitive perspective. In J. S. B. T. Evans & K. Frankish (Éds.), *In two minds : Dual processes and beyond* (p. 171-195). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199230167.003.0008>
- Thompson, V. A., & Johnson, S. C. (2014). Conflict, metacognition, and analytic thinking. *Thinking & Reasoning*, 20(2), 215–244. <https://doi.org/10.1080/13546783.2013.869763>
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00745.x>

- Tiberghien, G., Abdi, H., Desclés, J.-P., Georgieff, N., Jeannerod, M., Le Ny, J.-F., Livet, P., Pynte, J., & Sabah, G. (2002). *Dictionnaire des sciences cognitives*. Armand Colin.
- Titz, C., & Karbach, J. (2014). Working memory and executive functions : Effects of training on academic achievement. *Psychological research*, 78(6), 852–868. <https://doi.org/10.1007/s00426-013-0537-1>
- Tokuhama-Espinosa, T. (2013, juin 5). *Les bases en neuropédagogie et neuroéducation : Une brève histoire des sciences de l'apprentissage—2* (P. Roulois, Trad.). Neuropédagogie. <https://neuropedagogie.com/bases-neuropedagogie-neuroeducation/breve-histoire-science-apprentissage-2.html>
- Tottenham, N., Hare, T. A., & Casey, B. J. (2011). Behavioral Assessment of Emotion Discrimination, Emotion Regulation, and Cognitive Control in Childhood, Adolescence, and Adulthood. *Frontiers in Psychology*, 2(39). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2011.00039>
- UNESCO. (2015). *Repenser l'éducation : Vers un bien commun mondial?* UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232696>
- van der Sluis, S., de Jong, P. F., & van der Leij, A. (2007). Executive functioning in children, and its relations with reasoning, reading, and arithmetic. *Intelligence*, 35(5), 427–449.
- van der Stel, M., & Veenman, M. V. (2008). Relation between intellectual ability and metacognitive skillfulness as predictors of learning performance of young students performing tasks in different domains. *Learning and Individual Differences*, 18(1), 128–134. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2007.08.003>
- van der Stel, M., & Veenman, M. V. (2010). Development of metacognitive skillfulness : A longitudinal study. *Learning and individual differences*, 20(3), 220–224. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.11.005>
- van der Stel, M., & Veenman, M. V. (2014). Metacognitive skills and intellectual ability of young adolescents : A longitudinal study from a developmental perspective. *European journal of psychology of education*, 29(1), 117–137. <https://doi.org/10.1007/s10212-013-0190-5>

- van der Stel, M., Veenman, M. V., Deelen, K., & Haenen, J. (2010). The increasing role of metacognitive skills in math: A cross-sectional study from a developmental perspective. *ZDM Mathematics Education*, *42*(2), 219–229. <https://doi.org/10.1007/s11858-009-0224-2>
- Van Dijk, H., & Tellegen, P. J. (1994). *Handleiding GIVO: Groninger Intelligentietest Voortgezet Onderwijs [Manual GIVO: Groninger Intelligence Test for Secondary Education]*. Swets & Zeitlinger.
- Van Leijenhorst, L., Moor, B. G., de Macks, Z. A. O., Rombouts, S. A., Westenberg, P. M., & Crone, E. A. (2010). Adolescent risky decision-making: Neurocognitive development of reward and control regions. *Neuroimage*, *51*(1), 345–355. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.02.038>
- van Loon, M. H., de Bruin, A. B., van Gog, T., & van Merriënboer, J. J. (2013). Activation of inaccurate prior knowledge affects primary-school students' metacognitive judgments and calibration. *Learning and Instruction*, *24*, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.08.005>
- Varela, F. J. (1989). *Connaître les sciences cognitives : Tendances et perspectives* (Lavoie Pierre, Trad.). Éditions du Seuil.
- Veenema, S., & Gardner, H. (1996). Multimedia and multiple intelligences. *American prospect*, *29*, 69–75.
- Veenman, M. V. (2011). Learning to self-monitor and self-regulate. In R. E. Mayer & P. A. Alexander (Éds.), *Handbook of research on learning and instruction* (Taylor and Francis, p. 197–218).
- Veenman, M. V., & Beishuizen, J. J. (2004). Intellectual and metacognitive skills of novices while studying texts under conditions of text difficulty and time constraint. *Learning and Instruction*, *14*(6), 621–640. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2004.09.004>
- Veenman, M. V., & Elshout, J. J. (1999). Changes in the relation between cognitive and metacognitive skills during the acquisition of expertise. *European journal of psychology of education*, *14*(4), 509–523. <https://doi.org/10.1007/BF03172976>

- Veenman, M. V., Elshout, J. J., & Meijer, J. (1997). The generality vs domain-specificity of metacognitive skills in novice learning across domains. *Learning and instruction*, 7(2), 187–209. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(96\)00025-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(96)00025-4)
- Veenman, M. V., Kok, R., & Blöte, A. W. (2005). The relation between intellectual and metacognitive skills in early adolescence. *Instructional Science*, 33(3), 193–211. <https://doi.org/10.1007/s11251-004-2274-8>
- Veenman, M. V., & Spaans, M. A. (2005). Relation between intellectual and metacognitive skills : Age and task differences. *Learning and individual differences*, 15(2), 159–176. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2004.12.001>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s11409-006-6893-0>
- Veenman, M. V., & Verheij, J. (2003). Technical students' metacognitive skills : Relating general vs. specific metacognitive skills to study success. *Learning and Individual differences*, 13(3), 259–272. [https://doi.org/10.1016/S1041-6080\(02\)00094-8](https://doi.org/10.1016/S1041-6080(02)00094-8)
- Veenman, M. V., Wilhelm, P., & Beishuizen, J. J. (2004). The relation between intellectual and metacognitive skills from a developmental perspective. *Learning and instruction*, 14(1), 89–109. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2003.10.004>
- Veenman, M. V., Zohar, A., & Dori, Y. J. (2012). Metacognition in Science Education : Definitions, Constituents, and Their Intricate Relation with Cognition. In *Metacognition in science education : Trends in Current Research* (p. 21–36). Springer.
- Veillon, B. (2015). *Le grand cahier d'activités de la famille Oukilé*. Bayard Jeunesse. <https://www.chez-mon-libraire.fr/livre/9782747054362-le-grand-cahier-d-activites-de-la-famille-oukile-beatrice-veillon/>
- Vo, V. A., Li, R., Kornell, N., Pouget, A., & Cantlon, J. F. (2014). Young children bet on their numerical skills : Metacognition in the numerical domain. *Psychological science*, 25(9), 1712–1721. <https://doi.org/10.1177/0956797614538458>

- Von der Linden, N., & Roebers, C. M. (2006). Developmental changes in uncertainty monitoring during an event recall task. *Metacognition and Learning, 1*(3), 213–228. <https://doi.org/10.1007/s11409-006-9001-6>
- Vu, K.-P. L., Hanley, G. L., Strybel, T. Z., & Proctor, R. W. (2000). Metacognitive processes in human-computer interaction : Self-assessments of knowledge as predictors of computer expertise. *International Journal of Human-Computer Interaction, 12*(1), 43–71. [https://doi.org/10.1207/S15327590IJHC1201\\_2](https://doi.org/10.1207/S15327590IJHC1201_2)
- Wagener, B. (2011). *Développement et transmission de la métacognition* [Université d'Angers]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00655416>
- Wang, M. C., Haertel, G. D., & Walberg, H. J. (1990). What influences learning? A content analysis of review literature. *The Journal of Educational Research, 84*(1), 30–43. <https://doi.org/10.1080/00220671.1990.10885988>
- Wass, S. V., Scerif, G., & Johnson, M. H. (2012). Training attentional control and working memory – Is younger, better? *Developmental Review, 32*(4), 360–387. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2012.07.001>
- Waterhouse, L. (2006). Multiple Intelligences, the Mozart Effect, and Emotional Intelligence : A Critical Review. *Educational Psychologist, 41*(4), 207–225. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep4104\\_1](https://doi.org/10.1207/s15326985ep4104_1)
- Watts, T. W., Gandhi, J., Ibrahim, D. A., Masucci, M. D., & Raver, C. C. (2018). The Chicago School Readiness Project : Examining the long-term impacts of an early childhood intervention. *PloS one, 13*(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200144>
- Wechsler, D. (2014). *Wechsler Intelligence Scale for Children (5th ed.)*. TX: NCS Pearson.
- Weil, L. G., Fleming, S. M., Dumontheil, I., Kilford, E. J., Weil, R. S., Rees, G., Dolan, R. J., & Blakemore, S.-J. (2013). The development of metacognitive ability in adolescence. *Consciousness and cognition, 22*(1), 264–271. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2013.01.004>
- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition : Making science accessible to all students. *Cognition and instruction, 16*(1), 3–118. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci1601\\_2](https://doi.org/10.1207/s1532690xci1601_2)

- 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. <https://doi.org/10.1007/BF03172975>
- Whitebread, D., Anderson, H., Coltman, P., Page, C., Pasternak, D. P., & Mehta, S. (2005). Developing independent learning in the early years. *Education 3-13*, 33(1), 40-50. <https://doi.org/10.1080/03004270585200081>
- Whitebread, D., Bingham, S., Grau, V., Pasternak, D. P., & 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(3), 433-455.
- Whitebread, D., Coltman, P., Pasternak, D. P., 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 and learning*, 4(1), 63-85. <https://doi.org/10.1007/s11409-008-9033-1>
- Wong, B. Y. (1994). Instructional parameters promoting transfer of learned strategies in students with learning disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 17(2), 110-120. <https://doi.org/10.2307/1511181>
- Wong, B. Y., Butler, D. L., Ficzero, S. A., & Kuperis, S. (1996). Teaching low achievers and students with learning disabilities to plan, write, and revise opinion essays. *Journal of learning disabilities*, 29(2), 197-212. <https://doi.org/10.1177/002221949602900209>
- Yang, Y., van Aalst, J., & Chan, C. K. (2020). Dynamics of reflective assessment and knowledge building for academically low-achieving students. *American Educational Research Journal*, 57(3), 1241-1289.
- Yeniad, N., Malda, M., Mesman, J., van IJendoorn, M. H., & Pieper, S. (2013). Shifting ability predicts math and reading performance in children : A meta-analytical study. *Learning and Individual Differences*, 23, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.10.004>

- Yzerbyt, V. Y., Dardenne, B., & Leyens, J.-P. (1998). Social judgeability concerns in impression formation. In V. Y. Yzerbyt, G. Lories, & B. Dardenne (Éds.), *Metacognition : Cognition and social dimensions* (p. 126-156). Sage.
- Zelazo, P. D. (2018). Abstracting and aligning essential features of cognitive development. *Human Development, 61*(1), 43–48.
- Zhao, X., Lynch, J. G., & Chen, Q. (2011). Reconsidérer Baron et Kenny : Mythes et vérités à propos de l'analyse de médiation. *Recherche et Applications en Marketing, 26*(1), 81-95. <https://doi.org/10.1177/076737011102600105>
- 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. <https://doi.org/10.3102/00028312029003663>
- 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*(4), 614–628. <https://doi.org/10.3102/00028312023004614>
- Zohar, A. (2006). The Nature and Development of Teachers' Metastrategic Knowledge in the Context of Teaching Higher Order Thinking. *Journal of the Learning Sciences, 15*(3), 331-377. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls1503\\_2](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1503_2)
- Zohar, A., & Barzilai, S. (2013). A review of research on metacognition in science education : Current and future directions. *Studies in Science Education, 49*(2), 121–169. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.847261>
- Zohar, A., & Ben David, A. (2008). Explicit teaching of meta-strategic knowledge in authentic classroom situations. *Metacognition and Learning, 3*(1), 59–82. <https://doi.org/10.1007/s11409-007-9019-4>
- Zohar, A., & Peled, B. (2008). The effects of explicit teaching of metastrategic knowledge on low-and high-achieving students. *Learning and instruction, 18*(4), 337–353. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.07.001>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1 :</b> Analyse des effets immédiats des modérateurs sur la mémoire de travail verbale et la mémoire de travail visuo-spatiale (adapté de Melby-Lervag & Hulme, 2013).....	32
<b>Tableau 2 :</b> Effets du programme CSRP sur les compétences d'autorégulation et académiques des enfants (adapté de Raver et al., 2011) .....	36
<b>Tableau 3 :</b> Pourcentages moyens de bonnes réponses (et écarts-types correspondants) au pré-test, au post-test et entre le post-test/pré-test pour la tâche standard du DCCS et celle des fausses croyances, ainsi qu'au post-test pour la tâche complexe du DCCS.....	40
<b>Tableau 4 :</b> Les fonctions de la métacognition, leurs composantes, et leurs manifestations (adapté d' Efklides, 2006) .....	65
<b>Tableau 5 :</b> Critères d'analyse des études recensées dans la méta-analyse de Zohar et Barzilai (2013) .....	79
<b>Tableau 6 :</b> Fréquences et pourcentages des composantes métacognitives étudiées (adapté de Zohar et Barzilai, 2013).....	82
<b>Tableau 7 :</b> Fréquences et pourcentages des types de programmes métacognitifs employés (adapté de Zohar et Barzilai, 2013) .....	84
<b>Tableau 8 :</b> Objectifs à atteindre dans une approche pédagogique métacognitive (Adapté de Gaskins et Pressley, 2007).....	89
<b>Tableau 9 :</b> Position socio-économique relative (adapté de Genoud, 2011).....	113
<b>Tableau 10 :</b> Caractéristiques sociodémographiques des enfants en fonction du groupe	113
<b>Tableau 11 :</b> Chronologie des évaluations .....	115

<b>Tableau 12</b> : Récapitulatif des notes aux subtests permettant de former nos indices d'intérêt (de Mémoire générale, d'attention, et d'apprentissage).....	123
<b>Tableau 13</b> : Tableau récapitulatif des corrélations existantes entre les différentes mesures : dans la partie inférieure, les coefficients r de Pearson sont indiqués, et dans la partie supérieure, les valeurs p associées sont indiquées. ....	135
<b>Tableau 14</b> : Tableau récapitulatif des scores obtenus par les collégiens au pré-test.....	136
<b>Tableau 15</b> : Tableau récapitulatif des scores obtenus par les élèves de chaque groupe au pré-test.....	139
<b>Tableau 16</b> : Tableau des coefficients de saturation factorielle des variables obtenu par l'ACP .....	161
<b>Tableau 17</b> : Matrice de corrélation entre les différents facteurs retenus pour l'analyse en cluster .....	162
<b>Tableau 18</b> : Caractéristiques sociodémographiques des enfants en fonction du Profil scolaire et du Groupe.....	162
<b>Tableau 19</b> : Données descriptives et comparaison de moyenne des profils d'élèves identifiés.....	163

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1 :</b> Représentation schématique des connaissances et compétences attendues en français et ses sous-domaines (langage oral, lecture et compréhension de l'écrit, écriture, étude de la langue, culture littéraire et artistique) à l'entrée en 6ème selon l'Arrêté du 9 novembre 2015 (Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse).....	8
<b>Figure 2 :</b> Représentation schématique des connaissances et compétences attendues en mathématiques et ses sous-domaines (nombre et calcul, grandeurs et mesures, espace et géométrie) à l'entrée en 6ème selon l'Arrêté du 9 novembre 2015 (Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse).....	10
<b>Figure 3 :</b> Représentation de l'hexagone cognitif issu du rapport "State of Art Report", représentant les six disciplines scientifiques intégrant les sciences cognitives.....	26
<b>Figure 4 :</b> Séquence d'évènements pour la version informatisée de l'entraînement au DCCS (adapté de Espinet, Anderson et Zelazo, 2013).....	39
<b>Figure 5 :</b> Moyenne générale des formes des ondes formées par le stimulus aux sites 16, 11, 6, 129, enregistrées pendant la performance des enfants lors du bloc 2 du DCCS au pré-test et au post-test. Les formes des ondes représentent la différence d'amplitude de l'onde N2 entre les formes d'ondes au pré-test et au post-test pour les enfants qui ont reçu l'entraînement métacognitif, l'entraînement par feed-back, et l'entraînement à la pratique simple .....	41
<b>Figure 6 :</b> Modèle de Nelson et Narens (1994) .....	63
<b>Figure 7 :</b> Extrait du modèle d'Efklides intégrant les fonctions de la métacognition aux différentes composantes de la métacognition (les évolutions du modèle sont indiqués en orange ; adapté d' Efklides, 2008).....	64
<b>Figure 8 :</b> Extrait du modèle d'Efklides présentant le niveau "social" par rapport au niveau "méta" (les évolutions du modèle sont indiqués en orange ; adapté d' Efklides, 2008).....	67

<b>Figure 9</b> : Modèle multi-facette et multi-niveaux de la métacognition (les évolutions du modèle sont indiqués en orange ; adapté d' Efklides, 2008).....	68
<b>Figure 10</b> : Degrés d'explicitation des régulations (Allal, 1992) .....	71
<b>Figure 11</b> : Nombre d'études par groupe d'âge (adapté de Zohar & Barzilai, 2013) .....	81
<b>Figure 12</b> : Éléments essentiels pour construire un programme pédagogique visant le développement de la métacognition d'élèves de collège .....	96
<b>Figure 13</b> : Thèmes des 5 séquences, et des séances correspondantes, abordés avec les élèves de 6ème lors de la première année d'enseignement du PPM.....	100
<b>Figure 14</b> : Thèmes des 4 séquences, et des séances correspondantes, abordés avec les mêmes élèves, en 5ème lors de la seconde année d'enseignement du PPM.....	101
<b>Figure 15</b> : Extrait du diaporama utilisé lors de la séance 2 de la séquence 1 pour illustrer les différentes parties du cerveau et leurs fonctions spécifiques (image de gauche) et amorcer la séance 3 sur le travail en réseau du cerveau, coordonné par le lobe frontal (image de droite) .....	102
<b>Figure 16</b> : Représentation des personnages Réfecto utilisés lors de la séance 3 de la séquence 1 pour illustrer les processus cognitifs dont disposent les élèves (Gagné & Longpré, 2004).....	103
<b>Figure 17</b> : Personnages "Les Multibrios" utilisés dans la séquence 2 pour illustrer les domaines de compétences (Hovington & Bazinet, 2004) .....	104
<b>Figure 18</b> : Extrait de la séance 2 de la séquence 5 pour illustrer l'impact des perturbations du sommeil dans la vie quotidienne et notamment sur la réussite scolaire.....	106
<b>Figure 19</b> : Extrait de la séance 1 de la séquence 5 pour illustrer les mécanismes et fonctions du sommeil .....	106
<b>Figure 20</b> : Vignette clinique sur la maladie d'Alzheimer utilisé lors de la séance 2 de la séquence 6 pour illustrer la nature et le rôle des différents types de mémoire (procédurale, sémantique, et épisodique) .....	107
<b>Figure 21</b> : Exemple d'exercice réalisé au cours de la séance 4 de la séquence 6 pour que les élèves puissent expérimenter leurs capacités de mémoire de travail .....	108
<b>Figure 22</b> : Illustration des dessins de "La famille Oukilé" utilisé lors de la séance 3 de la séquence 7 pour apprendre aux élèves à diriger leur attention vers certains stimuli .....	109

<b>Figure 23</b> : Fiche de jeu utilisée lors des séances 5 et 6 de la séquence 8 pour que les élèves repèrent les fonctions exécutives prioritairement utilisées dans chaque jeu de société et les aider à prendre conscience de leur fonctionnement exécutif.....	110
<b>Figure 24</b> : Représentation chronologique du déroulement de l'expérimentation pour les deux groupes.....	114
<b>Figure 25</b> : Illustration du subtest « Localisation de points » de la CMS .....	120
<b>Figure 26</b> : Illustration du subtest « Mots couplés » de la CMS .....	122
<b>Figure 27</b> : Illustration du subtest « Séquences » de la CMS.....	123
<b>Figure 28</b> : Illustration du subtest Matrices issu du WISC-V .....	124
<b>Figure 29</b> : Extrait de l'évaluation en français de niveau 6 <sup>ème</sup> .....	126
<b>Figure 30</b> : Extraits de l'évaluation en mathématiques de niveau 6 <sup>ème</sup> .....	127
<b>Figure 31</b> : Représentation graphique du pourcentage de réponses correctes des élèves en termes de connaissances générales sur le cerveau au pré-test en fonction de leur Groupe	139
<b>Figure 32</b> : Représentation graphique du pourcentage d'adhésion des élèves à des conceptions erronées sur le cerveau au pré-test en fonction de leur Groupe (un pourcentage élevé correspond à une forte reconnaissance des neuromythes donc à un degré d'adhésion faible).....	140
<b>Figure 33</b> : Représentation graphique des performances des élèves à l'indice de métacognition au pré-test en fonction de leur Groupe .....	140
<b>Figure 34</b> : Représentation graphique des performances des élèves à l'indice de mémoire générale au pré-test en fonction de leur Groupe.....	141
<b>Figure 35</b> : Représentation graphique du score des élèves à l'échelle de sentiment d'auto-efficacité au pré-test en fonction de leur Groupe .....	141
<b>Figure 36</b> : Représentation graphique des performances des élèves à l'indice d'attention au pré-test en fonction de leur Groupe .....	142
<b>Figure 37</b> : Représentation graphique des performances des élèves à l'indice d'apprentissage au pré-test en fonction de leur Groupe .....	142
<b>Figure 38</b> : Représentation graphique des performances des élèves au score d'intelligence au pré-test en fonction de leur Groupe .....	143

<b>Figure 39</b> : Représentation graphique des performances des élèves à l'indice de régulation comportementale au pré-test en fonction de leur Groupe .....	143
<b>Figure 40</b> : Représentation graphique des performances des élèves à l'évaluation en français au pré-test en fonction de leur Groupe .....	144
<b>Figure 41</b> : Représentation graphique des performances des élèves à l'évaluation en mathématiques au pré-test en fonction de leur Groupe.....	144
<b>Figure 42</b> : Représentation graphique du pourcentage de réponses correctes des élèves en termes de connaissances générales sur le cerveau en fonction du Groupe et du Temps...	146
<b>Figure 43</b> : Représentation graphique du pourcentage de réponses correctes des élèves en termes de neuromythes sur le cerveau en fonction du Groupe et du Temps.....	147
<b>Figure 44</b> : Représentation graphique théorique de l'indice d'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires : les élèves ajustés se situent sur la droite de régression et présentent un indice d'ajustement de 0, les élèves qui se surestiment se situent dans la partie supérieure gauche et présentent un indice d'ajustement positif, et les élèves qui se sous-estiment se situent dans la partie inférieure droite et présentent un indice d'ajustement négatif .....	149
<b>Figure 45</b> : Représentation schématique d'une analyse de médiation avec une covariable où a, b, et c, d et e sont les coefficients non-standardisés d'une régression linéaire, et axb est le coefficient non standardisé de l'effet indirect estimé avec le test bootstrap (Hayes, 2013, PROCESS modèle 4) .....	150
<b>Figure 46</b> : Représentations schématiques des trois analyses de médiation en fonction de la variable comportementale d'intérêt : A- Analyse de médiation sur les performances scolaires en français, B- Analyse de médiation sur les performances scolaires en mathématiques, C- Analyse de médiation sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires .....	153
<b>Figure 47</b> : Représentations schématiques des trois analyses de médiation réalisées par mesure comportementale d'intérêt, ici sur les performances en français : A- Analyse de médiation concernant la totalité de l'enseignement, A1- Analyse de médiation concernant la première année d'enseignement, A2- Analyse de médiation concernant la seconde année d'enseignement.....	154

**Figure 48** : Représentation de l’analyse de médiation de l’effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en français, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant les deux années d’enseignement : A/ Représentation schématique de l’analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l’effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l’effet du Groupe est illustré par l’écart entre les deux droites ..... 156

**Figure 49** : Représentation de l’analyse de médiation de l’effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en mathématiques, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant les deux années d’enseignement : A/ Représentation schématique de l’analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l’effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l’effet du Groupe est illustré par l’écart entre les deux droites ..... 157

**Figure 50** : Représentation de l’analyse de médiation de l’effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur l’ajustement du sentiment d’auto-efficacité aux performances scolaires, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant les deux années d’enseignement : A/ Représentation schématique de l’analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l’effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l’effet du Groupe est illustré par l’écart entre les deux droites..... 158

**Figure 51** : Profils scolaires d’élèves identifiés par l’analyse en cluster en fonction des facteurs de Mémoire, d’Intelligence, de Contrôle, de Sentiment d’auto-efficacité et des Performances scolaires : 1/ Profil scolaire 1 représentant les capacités des élèves efficaces – confiants, 2/ Profil scolaire 2 représentant les capacités des élèves faiblement efficaces – confiants, 3/ Profil scolaire 3 représentant les capacités des élèves faiblement efficaces – non-confiants, 4/ Profil scolaire 4 représentant les capacités des élèves efficaces – non-confiants ..... 164

**Figure 52** : Représentation graphique de l’évolution des performances scolaires en français en fonction du Groupe, du Profil scolaire et du Temps : 1/ Évolution des élèves efficaces – confiants, 2/ Évolution des élèves faiblement efficaces – confiants, 3/ Évolution des élèves faiblement efficaces – non-confiant, 4/ Évolution des élèves efficaces – non-confiants. 166

- Figure 53** : Représentation graphique de l'évolution des performances scolaires en mathématiques en fonction du Groupe, du Profil scolaire et du Temps : 1/ Évolution des élèves efficients – confiants, 2/ Évolution des élèves faiblement efficients – confiants, 3/ Évolution des élèves faiblement efficients – non-confiant, 4/ Évolution des élèves efficients – non-confiants..... 167
- Figure 54** : Représentation graphique de l'évolution de l'indice d'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires en fonction du Groupe, du Profil scolaire et du Temps : 1/ Évolution des élèves efficients – confiants, 2/ Évolution des élèves faiblement efficients – confiants, 3/ Évolution des élèves faiblement efficients – non-confiant, 4/ Évolution des élèves efficients – non-confiants ..... 169
- Figure 55** : Représentation de l'analyse de médiation de l'effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en français, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant la première année d'enseignement : A/ Représentation schématique de l'analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l'effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l'effet du Groupe est illustré par l'écart entre les deux droites..... 171
- Figure 56** : Représentation de l'analyse de médiation de l'effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en mathématiques, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant la première année d'enseignement : A/ Représentation schématique de l'analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l'effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l'effet du Groupe est illustré par l'écart entre les deux droites..... 172
- Figure 57** : Représentation de l'analyse de médiation de l'effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur l'ajustement du sentiment d'auto-efficacité aux performances scolaires, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant la première année d'enseignement : A/ Représentation schématique de l'analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l'effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l'effet du Groupe est illustré par l'écart entre les deux droites..... 173

**Figure 58 :** Représentation de l’analyse de médiation de l’effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en français, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant la seconde année d’enseignement : A/ Représentation schématique de l’analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l’effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l’effet du Groupe est illustré par l’écart entre les deux droites ..... 174

**Figure 59 :** Représentation de l’analyse de médiation de l’effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur les performances scolaires en mathématiques, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant la seconde année d’enseignement : A/ Représentation schématique de l’analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l’effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l’effet du Groupe est illustré par l’écart entre les deux droites..... 175

**Figure 60 :** Représentation de l’analyse de médiation de l’effet du Groupe, au travers des Capacités métacognitives, sur l’ajustement du sentiment d’auto-efficacité aux performances scolaires, en tenant compte du Développement cognitif des élèves, concernant la seconde année d’enseignement : A/ Représentation schématique de l’analyse de médiation, B/ Représentation graphique du chemin a, C/ Représentation graphique du chemin b où l’effet du gain de Capacités métacognitives est illustré par la pente moyennes des deux droites, et du chemin c où l’effet du Groupe est illustré par l’écart entre les deux droites..... 176

# VALORISATION SCIENTIFIQUE DU TRAVAIL DE THESE

## Articles scientifiques

**Allix, P.**, Lubin, A., Lanoë, C., & Rossi, S. (en préparation). *Do I still need my brain? Developmental course of naïve mind-brain conceptions.*

## Acte de congrès

**Allix, P.**, Lubin, A., Lanoë, C., & Rossi, S. (2019). *Cognitive sciences for academic success of Middle School students.* Communication affichée présentée à l'International Conference on Education and New Developments 2019 du World Institute for Advanced Research and Science. 22-24 juin 2019, Porto, Portugal.

Rossi, S., **Allix, P.**, Lanoë, C., & Lubin, A. (2019). *Do I still need my brain? Evolution of naïve mind-brain conceptions from childhood to adulthood.* Communication affichée présentée à l'International Conference on Education and New Developments 2019 du World Institute for Advanced Research and Science. 22-24 juin 2019, Porto, Portugal.

## Communications orales

**Allix, P.** et Rossi, S. (2019). *CogniScol : les sciences cognitives au service de la réussite scolaire des collégiens.* Symposium « Les sciences cognitives pour lutter contre les vulnérabilités et prévenir l'échec scolaire ». Communication orale présentée au 60ème congrès annuel de la Société Française de Psychologie – Apprentissages, vulnérabilités, préventions. 4-6 septembre 2019, Poitiers, France.

**Allix, P.** et Rossi, S. (2019). *Les sciences cognitives au service de la réussite scolaire des collégiens ?* Séminaire donné à l'invitation de l'Équipe de recherche en éducation scientifique et technologique de l'Université de Québec. 25 mars 2019, Montréal, Canada.

**Allix, P.** et Rossi, S. (2018). *Un programme pédagogique axé sur les sciences cognitives : un levier pour favoriser la réussite scolaire des collégiens.* Communication orale présentée au colloque « Penser/Exposer la vulnérabilité ». 29 novembre-1er décembre 2018, Caen, France.

## Communications affichées

**Allix, P.**, Lubin, A., Lanoë, C., & Rossi, S. (2019). *Cognitive sciences for school learnings: What are the benefits on numerical skills of high school students?* Communication affichée présentée à l'International Convention of Psychological Science de l'American Psychological Society. 7-9 mars 2019, Paris, France.

Rossi, S., **Allix, P.**, Lubin, A., & Lanoë (2019). *Evolution of naïve mind-brain conceptions from childhood to adulthood.* Communication affichée présentée à l'International Convention of Psychological Science de l'American Psychological Society. 7-9 mars 2019, Paris, France.

**Allix, P.**, Lubin, A., Lanoë, C., et Rossi, S. (2018). *Les sciences cognitives au service des apprentissages scolaires : Quels bénéfices sur la réussite scolaire des collégiens ?* Communication affichée présentée au 59ème congrès annuel de la Société Française de Psychologie – Psychologie, Santé et société : De la théorie aux applications. 5-7 septembre 2018, Reims, France.

**Allix, P.**, Lanoë, C., Lubin, A., et Rossi, S. (2018). *Les sciences cognitives au service des apprentissages scolaires.* Communication affichée présentée au 11ème Colloque international du RIPSYDEV – Psychologie du développement : Environnements, Innovations. 31 mai et 1er juin 2018, Lille, France.

## ACTIVITES CONNEXES AU TRAVAIL DE THESE

### **Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche - 2020/2021**

Cours Magistraux de M1 de Psychologie de l'Education : « Théories et Modèles : Attention et apprentissages » (8h)

Travaux Dirigés de M1 Psychologie de l'Education : « Recherche bibliographique et éthique de la recherche » (12h)

Travaux Dirigés de M1 Psychologie de l'Education : « Traitements des données de recherche » (14h)

Travaux Dirigés de L3 : « Raisonnement, apprentissage, et éducation » (56h)

Travaux Dirigés de L2 : « Attention, fonctions exécutives et mémoire de travail » (24h)

Travaux Dirigés de L2 : « Compétences transversales : Statistiques » (32h)

Travaux Dirigés de L1 : « Perceptions » (30h)

### **Mission complémentaire d'enseignement - 2019/2020**

Cours Magistraux de M1 de Psychologie de l'Education : « Théories et Modèles : Attention et apprentissages » (6h)

Travaux Dirigés de M1 Psychologie de l'Education : « Recherche bibliographique et éthique de la recherche » (14h)

Travaux Dirigés de M1 Psychologie de l'Education : « Traitements des données de recherche » (14h)

Travaux Dirigés de L3 : « Raisonnement, apprentissage, et éducation » (24h)

### **Mission complémentaire d'enseignement - 2018/2019**

Travaux Dirigés de L3 : « Raisonnement, apprentissage, et éducation » (8h)

Travaux Dirigés de L2 : « Attention, fonctions exécutives et mémoire de travail » (24h)

Travaux Dirigés de L1 : « Méthodes de Travail Universitaire » (16h)

## **Encadrement de travaux**

### **2020/2021**

« Impact d'un entraînement des fonctions exécutives sur les compétences sociales d'enfants atteints d'un trouble développemental du langage », Mémoire professionnel de Master 2 de Psychologie de l'Education (suivi par l'obtention d'un contrat doctoral).

« La thérapie d'Affirmation de soi comme outil de remédiation de l'estime de soi chez les personnes présentant une déficience intellectuelle », Mémoire professionnel de Master 2 de Psychologie de l'Education.

« Mise en place d'une intervention éducative auprès d'un enfant présentant un trouble du spectre de l'autisme avec déficit intellectuel », Mémoire professionnel de Master 2 de Psychologie de l'Education.

« Stage en responsabilité au sein d'un Centre Médico-Psychologique : Pratique en pédopsychiatrie », Rapport de Stage de Master 2 de Psychologie de l'Education.

« Stage avec une psychologue d'un Service d'Éducation Spéciale et de Soins à Domicile (SESSAD) », Rapport de Stage de Master 2 de Psychologie de l'Education.

### **2019/2020**

« Motivation aux apprentissages et agentivité chez les adolescents : Essai de l'escape game en contexte scolaire », TER de 3<sup>ème</sup> année Licence de Psychologie.

« Application de la méthode ABA auprès d'enfants présentant un TSA en fonction du degré de sévérité de leurs troubles », TER de 3<sup>ème</sup> année Licence de Psychologie.

« Inciter l'autorégulation pour favoriser la réussite scolaire des élèves », TER de 3<sup>ème</sup> année Licence de Psychologie.

### **2018/2019**

« Conceptions des rapports Cerveau et Pensée des élèves de 6<sup>ème</sup> : Effets d'un programme neuro-éducatif », TER de Master 1 de Psychologie de l'Education, co-encadré avec Sandrine Rossi.

« Les sciences cognitives au service de la réussite en Mathématiques d'élèves de 6<sup>ème</sup> », TER de Master 1 de Psychologie de l'Education, co-encadré avec Sandrine Rossi.

Co-encadrement d'une étudiante d'orthophonie de 3<sup>ème</sup> année dans le cadre d'un stage recherche, co-encadré avec Sandrine Rossi.

### **2017/2018**

« Métacognition, sentiment d'auto-efficacité et performances scolaires chez des élèves de Cycle 3 », TER de Master 1 de Psychologie de l'Education, co-encadré avec Sandrine Rossi.

« Influence du Sentiment d'Auto-efficacité sur les stratégies d'apprentissage et la réussite scolaire d'élèves de niveau 6<sup>ème</sup> », TER de Master 1 de Psychologie de l'Education, co-encadré avec Sandrine Rossi.

### **Responsabilités institutionnelles**

Représentante des doctorants, au titre de suppléante, au sein de l'Ecole Doctorale Homme, Société, Risque, Territoire de l'Université de Caen et du Collège des Ecoles Doctorales Normandes.

### **Activités de diffusion de la culture scientifique**

Participation à la Fête de la Science 2019 : Création et Animation d'un atelier « Cerveau et apprentissages » (en collaboration avec Lanoë, C. et Rossi S.), Caen.

Séminaire inter-master 2019 de l'UFR de Psychologie « Les sciences cognitives au service de la réussite scolaire des collégiens », Caen.

Participation à la Semaine de la Mémoire « La mémoire sous toutes ses formes » (2016 et 2018) : Animation d'un atelier 'Découvrir sa mémoire : les sciences cognitives au service des apprentissages scolaires' (conçu par Lanoë, C., ESPE, Caen) auprès de 50 élèves de GS et CP accompagnés de leurs enseignantes, conseiller pédagogique, parents, et psychologue scolaire, Caen.