



HAL
open science

Contrôler ses comportements et ses cognitions facilite-t-il la réalisation d'un puzzle ?

Aude Chatellet

► **To cite this version:**

Aude Chatellet. Contrôler ses comportements et ses cognitions facilite-t-il la réalisation d'un puzzle ?. Education. 2020. dumas-03046214

HAL Id: dumas-03046214

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03046214>

Submitted on 8 Dec 2020

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.

Année universitaire 2019-2020

Master Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation

Mention Premier degré

**Contrôler ses comportements et ses
cognitions facilite-t-il la réalisation
d'un puzzle ?**

Présenté par Aude CHATELLET

Mémoire de M2 encadré par Jérôme CLERC

Table des matières

Introduction	1
1. Fonctions exécutives et résolution de puzzles	2
1.1. Les fonctions exécutives	2
1.1.1. Définitions	2
1.1.2. Le développement des fonctions exécutives chez l'enfant.....	4
1.1.3. Les facteurs influençant le développement des FE.....	5
1.1.4. Les fonctions exécutives à l'école	7
1.1.5. Les techniques de mesure des fonctions exécutives chez l'enfant.....	9
1.2. Les puzzles	11
1.2.1. L'origine et l'histoire des puzzles	11
1.2.2. Intérêt cognitif des puzzles et stratégies de résolution	11
1.2.3. La place des puzzles à l'école.....	14
1.2.4. Liens entre fonctions exécutives et résolution de puzzles	15
2. Problématique	16
3. Méthode	17
3.1. Participants	17
3.2. Mise en œuvre matérielle et déroulement	17
3.2.1. Test « Tête – Epaules – Genoux – Pieds » (TEGP).....	17
3.2.2. Test de tris de cartes à changement de dimensions.....	19
3.2.3. Test de traçage des pistes préscolaires (Trail-P)	20
3.2.4. Test Empan mnésique	21
3.2.5. Résolution du puzzle	23
4. Résultats	24
4.1. Analyse préliminaire	24
4.2. Analyses de corrélation entre les tests de FE	25
4.3. Analyses de régression	25
4.3.1. Effet des différentes FE sur le temps extrapolé au puzzle.....	25
4.3.2. Effet de l'environnement sur les tests de FE	27
5. Discussion	30
5.1. Validation des hypothèses	30
5.2. Apport du mémoire au regard des perspectives professionnelles	33
Conclusion	35
Bibliographie	36

Introduction

Les puzzles font partie intégrante du paysage en maternelle. Ils nourrissent les tables et les « coins-jeux » au même titre que la pâte à modeler, les albums ou encore les jeux de construction. Souvent laissés en libre-accès lors de temps d'autonomie, ou à la fin d'un travail, ils peuvent néanmoins être intégrés à des ateliers avec des objectifs spécifiques. Les nouveaux programmes de 2015 pour l'école maternelle réaffirment la place des puzzles au sein des classes. Ils sont intégrés au domaine d'apprentissage « Construire les premiers outils pour structurer sa pensée » dans la partie dédiée aux formes et grandeurs. Résoudre un puzzle fait appel à des compétences logiques et spatiales, ce qui en fait une vraie situation-problème. Néanmoins, l'observation et l'explicitation des stratégies semblent encore peu fréquemment faire l'objet d'un apprentissage spécifique. De même, dans les familles, les puzzles sont perçus comme des activités récréatives, sans réelle prise en considération de leur dimension éducative.

Réaliser un puzzle va placer le sujet dans une posture réflexive. Celui-ci devra mobiliser des processus cognitifs pour s'organiser, se contrôler et planifier ses actions afin de résoudre le problème. Ces compétences sont appelées fonctions exécutives (FE), et interviennent dans la réalisation de tâches nouvelles ou complexes. Elles comprennent essentiellement l'inhibition, la flexibilité et la mémoire de travail (MdT). Des études ont été menées à ce sujet autant avec des adultes qu'avec des enfants. Celles-ci ont pu montrer l'importance des fonctions exécutives dans les apprentissages. Certaines d'entre-elles se sont intéressées plus précisément au développement des FE chez les enfants, et ont essayé de mettre à jour certaines relations telles que le lien entre bilinguisme et FE, ou encore le lien entre développement des FE et milieu social. Néanmoins, aucun lien n'a encore été prouvé entre les fonctions exécutives citées (inhibition, flexibilité, mémoire de travail) et l'efficacité lors de la réalisation de puzzles (mesurée par le temps nécessaire à la résolution). Au travers de tests menés par des professeurs des écoles stagiaires en maternelle, nous essayerons de montrer qu'il existe un lien entre les fonctions exécutives et la capacité à résoudre un puzzle.

Dans un premier temps, nous définirons les fonctions exécutives et leurs composantes. Nous reviendrons également sur l'origine des puzzles, leur intérêt cognitif dans leur utilisation en classe, ainsi que les liens existants avec les FE. Dans un second temps, nous détaillerons la méthode utilisée et les différents tests, puis exposerons les résultats obtenus. Pour terminer, nous répondrons à la problématique et discuterons les résultats, ainsi que les apports de ce travail au regard de la pratique professionnelle.

1. Fonctions exécutives et résolution de puzzles

1.1. Les fonctions exécutives

1.1.1. Définitions

Les fonctions exécutives (FE) se définissent comme des fonctions de contrôle requises dans la réalisation d'une activité nouvelle ou non routinière. Plus précisément, « aujourd'hui, on définit les fonctions exécutives comme l'ensemble des processus permettant à un individu de réguler de façon intentionnelle sa pensée et ses actions afin d'atteindre des buts » (Miyake *et al.*, 2000, cité par Chevalier, 2010, p 149).

Pour mieux comprendre le rôle des FE dans l'atteinte d'un but donné, nous pourrions faire une analogie avec une tour de contrôle aérienne (d'après Center on the Developing Child at Harvard University, 2011, cité par le CTREQ, 2018). En effet, dans un aéroport des équipes interagissent entre elles afin de régir et organiser le trafic, tout en gérant les difficultés qui pourraient survenir. Au niveau cognitif, nous rencontrons la même organisation : les FE gèrent les pensées et les distractions, en même temps qu'elles planifient des actions pour réaliser différentes tâches. Les FE regroupent elles aussi différentes composantes qui jouent chacune un rôle majeur. Celles-ci sont utilisées simultanément et chacune a un rôle particulier. Trois d'entre elles sont essentielles et seront traitées dans cet écrit : l'inhibition, la flexibilité cognitive et la mémoire de travail.

L'inhibition :

L'inhibition est un « processus qui permet de bloquer ou de supprimer des informations ou des réponses non pertinentes pour l'objectif à atteindre » (Simpson et Riggs, 2007, cités par Chevalier, 2010, p152). Ainsi, faire preuve d'inhibition peut signifier deux choses :

- ❖ Supprimer des informations déjà présentes en mémoire (et qui sont devenues par exemple obsolètes).
- ❖ Stopper, repousser les informations avant qu'elles ne rentrent en mémoire.

Lors d'une tâche donnée, inhiber revient à « se forcer à ne pas faire » et donc se retenir de fournir une réponse dominante (celle qui est la plus fréquemment donnée), ou automatique (produite involontairement). La capacité d'inhibition renvoie donc au contrôle des pensées, comportements et impulsions, mais aussi au fait d'ignorer les distractions, et de se centrer sur la tâche à réaliser.

La flexibilité cognitive :

La flexibilité se définit comme la « capacité d'alterner dynamiquement entre différentes tâches, différentes opérations ou différents registres mentaux » (Monette et Bigras, 2008, p325). Autrement dit, elle permet de « basculer » entre différentes tâches et stratégies, et de s'adapter aux changements qui s'imposent. Cette fonction nous permet de prendre conscience de nos erreurs et de les réparer par différents moyens. D'après Chevalier (2010), une autre vision considère la flexibilité comme la combinaison des deux autres FE, l'inhibition et la MdT. Ainsi, la flexibilité reposerait sur ces deux FE.

Dans cet écrit, nous aborderons la flexibilité comme synonyme de la capacité de « switching ». Toutefois, un lien fort semble exister entre la flexibilité et les autres FE. En effet, l'inhibition est requise pour bloquer les informations non pertinentes, et la MdT est mobilisée pour garder en mémoire les informations utiles à la réalisation de la tâche.

La mémoire de travail (MdT) :

« La mémoire de travail se définit comme la capacité de maintenir à l'esprit une quantité limitée d'informations pendant une courte période de temps, afin d'effectuer une tâche ou d'atteindre un but. Elle intervient ainsi dans le traitement et le maintien temporaire des informations nécessaires à la réalisation d'activités cognitives aussi diverses que la compréhension, l'apprentissage et le raisonnement » (Petit L., 2006, p84). La MdT est donc une fonction qui consiste à garder une information à l'esprit le temps de la traiter ou de décider si elle doit encore être conservée. Si oui, l'information est gardée en mémoire ; sinon, l'information sera supprimée et remplacée par une autre. Ce processus va se répéter de la même manière jusqu'à l'accomplissement de la tâche. Ainsi, la MdT permet de se rappeler une ou des informations quand on en a besoin, et de les modifier ou les ajuster en fonction de l'objectif visé. Toutefois, cette mémoire est limitée dans le temps mais aussi au niveau du nombre d'informations que l'on peut y stocker. Elle s'avère également relativement coûteuse en énergie. Il existe deux grands types de MdT, d'après Baddeley (2000) :

- ❖ La MdT verbale, aussi appelée boucle phonologique. Elle sert à conserver temporairement en mémoire, et à traiter cognitivement, les informations verbales qui sont présentées auditivement ou visuellement.
- ❖ La MdT visuo-spatiale, aussi appelée registre ou calepin visuo-spatial. Elle sert à conserver en mémoire et à traiter les informations d'origine visuelle (comme les formes, les couleurs) et/ou spatiale (telles que la localisation ou l'orientation).

L'inhibition, la flexibilité et la mémoire de travail apparaissent donc comme les trois fonctions exécutives fondamentales complémentaires pour atteindre un objectif. En effet, « pour réaliser une tâche ces composantes sont mobilisées simultanément, et chacune d'entre elles assure un rôle particulier » (Diamond, 2013, 2014 ; Yeager et Yeager, 2013, cités par le CTREQ, 2018, p6).

Certains écrits présentent la planification comme une des composantes importantes des FE. Elle consiste à identifier et organiser mentalement les différentes étapes pour résoudre une tâche (d'après Bailey, Jones et Partee, 2015, cités par Duval, Bourchard et Pagé, 2017). La planification est présentée comme composite : elle n'est possible que parce que les trois fonctions exécutives fondamentales sont opérationnelles, et correctement articulées entre elles. Néanmoins, toutes ces fonctions sont en lien étroit avec les capacités attentionnelles de l'individu. C'est l'attention qui permet aux différentes fonctions exécutives d'assumer leur rôle en leur servant de « carburant ».

1.1.2. Le développement des fonctions exécutives chez l'enfant

Le développement des fonctions exécutives est un processus relativement long puisqu'il s'étend sur toute la période enfantine. Selon Slama et Schmitz (2016), certaines FE vont apparaître plus précocement que d'autres (comme l'inhibition ou la flexibilité), et vont se développer plus rapidement (c'est le cas de l'inhibition et de la MdT).

Les plus gros changements et progrès apparaissent surtout durant la période dite préscolaire (c'est-à-dire la période correspondant à l'école maternelle). Néanmoins, l'enfant continue de progresser de manière régulière jusqu'à l'adolescence (Chevalier, 2010). Plusieurs études, citées par Duval *et al.* (2017), montrent que cette période préscolaire joue un rôle majeur dans le développement des FE, que ce soit au niveau de la MdT, des capacités d'inhibition ou encore de la flexibilité. Voici quelques indications concernant le développement des différentes FE :

❖ Inhibition :

- Des tests (comme le test « A non B ») ont montré que les capacités d'inhibition se développent dès la naissance, notamment au niveau de l'inhibition de réponses motrices (d'après Chevalier, 2010).
- Entre 3 et 5 ans, les enfants réalisent des tâches plus complexes qui montrent une augmentation des performances. Puis, les capacités d'inhibition continuent de s'améliorer avec l'âge, mais de manière moins importante. L'enfant va poursuivre sa progression jusqu'à l'adolescence (CTREQ, 2018).

❖ **Flexibilité :**

- Les capacités en matière de flexibilité se développent progressivement. Entre 3 et 5 ans les enfants sont capables de varier, et donc alterner entre des tâches relativement simples (CTREQ, 2018).
- A l'adolescence, ces compétences deviennent plus précises, et l'alternance entre les tâches devient plus fluide (CTREQ, 2018).

❖ **Mémoire de travail :**

- Des capacités relatives à la MdT apparaissent très tôt chez l'enfant et se développent de manière régulière jusqu'à l'adolescence (Chevalier, 2010).
- Les enfants, puis les adolescents, peuvent garder en mémoire de plus en plus d'informations sur une période qui va elle aussi devenir de plus en plus longue (CTREQ, 2018).

Toutefois, même si ces fonctions exécutives sont plurielles, elles apparaissent comme interdépendantes chez le jeune enfant. Selon Er-Rafiqi, Roukoz, Le Gall et Roy, ceci serait lié à la « maturation particulièrement longue du cortex préfrontal, principal siège biologique des FE » (2017, p28). C'est pourquoi il est difficile de déterminer avec précision l'ordre de développement des FE. Globalement, ces dernières émergent dès les premiers mois de vie, mais leur développement s'effectue sur le long terme.

1.1.3. Les facteurs influençant le développement des FE

« Les fonctions exécutives regroupent un ensemble d'habiletés de haut niveau nécessaires à la réalisation d'un comportement dirigé vers un but » (Er-Rafiqi *et al.*, 2017, p28). Néanmoins, ces habiletés ne se développent pas de la même manière chez tous les individus. Plusieurs facteurs peuvent influencer le développement des FE tels que le genre, le milieu socio-économique et culturel, l'exposition au bilinguisme, ou encore le contexte éducatif. Nous nous intéresserons ici au milieu socio-économique et au bilinguisme.

L'influence du milieu social :

Selon Chevalier, les enfants « issus de milieux sociaux favorisés, évalués selon le niveau d'études et la catégorie socioprofessionnelle de leurs parents, obtiennent en moyenne de meilleures performances que les enfants issus de milieux plus modestes dans des épreuves qui évaluent la flexibilité cognitive et l'inhibition » (2010, p157). De même, Ardila *et al.*, cités par Chevalier (2010), mettent en avant l'influence du niveau de scolarisation des parents sur le développement des FE. En effet, cela aurait un impact sur les valeurs et donc sur les

pratiques éducatives. Ainsi, dans les familles où les parents auraient un niveau d'études plus élevé, les enfants évolueraient dans un cadre plus stimulant que dans les familles où les parents ont un niveau d'études moindre, ce qui motiverait le développement des FE. De plus, le statut économique influence les compétences langagières, qui vont ensuite impacter les fonctions exécutives (Noble *et al.*, 2005, cités par Chevalier, 2010).

Toutefois, Bernier *et al.*, cités par Duval *et al.* (2017), nuancent le propos en mettant en avant que certaines attitudes parentales favorisent le développement des FE. Carlson, cité par Duval *et al.* (2017), met en avant trois points dans les interactions mère-enfant qui jouent un rôle positif dans le développement des FE : la sensibilité (où l'adulte va percevoir les signaux de l'enfant et y répondre de manière appropriée), le soutien à l'autonomie (où l'enfant va être soutenu dans ses choix et encouragé dans la résolution de problèmes) et l'orientation mentale (l'enfant est considéré et traité comme un individu autonome moralement). La composante sociale et le statut accordé à l'enfant jouent un rôle majeur.

Ainsi, les FE semblent être en lien avec le milieu social dans lequel l'enfant évolue. Néanmoins, même si le statut socio-économique des parents s'avère jouer un rôle important, il ne semble pas être le seul facteur. En effet, d'après Bellaj *et al.* cités par Er-Rafiqi *et al.* (2017), le niveau d'éducation du père aurait certes un impact, notamment au niveau des capacités d'inhibition ou pour l'empan de chiffres inversés, mais la culture semble exercer elle aussi une réelle influence.

L'influence du bilinguisme :

Le langage, et plus précisément le bilinguisme, semble aussi avoir sa part d'incidence sur le développement des FE. On entend par bilinguisme l'exposition de l'enfant à deux langues dès sa naissance. Diverses études citées par Duval *et al.* (2017) montrent que les enfants bilingues réussissent mieux aux tâches de FE que les autres. Ceux-ci obtiennent de meilleurs résultats aux tests de FE que les autres enfants, notamment concernant l'inhibition et la flexibilité. Cependant, selon Chevalier (2010), cela ne serait pas lié à de meilleures habiletés langagières car habituellement, les enfants bilingues ont des habiletés moins élevées dans chacune de leur langue que les enfants monolingues.

D'après l'étude de Bialystock, citée par Chevalier (2010), la gestion de deux registres de langues différentes, et notamment le fait d'inhiber le mot dans la langue non pertinente dans une situation, demanderait un certain contrôle exécutif. Ce constat semble corroboré par Crivello *et al.* (2016), cités par Er-Rafiqi *et al.* (2017). Selon eux, le vocabulaire maîtrisé dans les deux langues aurait un lien significatif avec les compétences liées aux FE, notamment

concernant l'inhibition. En effet, « lorsqu'un individu bilingue fournit un mot dans une langue donnée, le mot dans l'autre langue serait systématiquement activé puis inhibé, favorisant ainsi le développement du contrôle inhibiteur » (Er-Rafiqi *et al.*, 2017, p31).

Alterner entre deux langues nécessiterait donc une forte mobilisation au niveau exécutif, ce qui conduirait les enfants bilingues à développer des compétences en matière de FE plutôt efficaces.

1.1.4. Les fonctions exécutives à l'école

« Les fonctions exécutives, qui constituent des fonctions cognitives liées à la mémoire de travail, l'inhibition, la flexibilité mentale et la planification, représentent une des assises sur laquelle repose la réussite éducative, en plus d'être associées à la santé mentale et physique de l'enfant » (Diamond, 2006, cité par Duval *et al.* 2017, p121). L'école et les tâches scolaires, vont demander à l'élève de mobiliser les capacités citées plus haut pour recourir à différentes procédures ou stratégies, afin de s'impliquer dans les différentes activités proposées en classe. En effet, les FE jouent un rôle crucial dans de nombreux apprentissages, et donc dans la réussite éducative (d'après CTREQ, 2018).

Le rôle des fonctions exécutives dans les tâches scolaires :

Selon diverses études recensées par le CTREQ (2018), les FE interviennent dans l'apprentissage de la lecture et de l'écriture. En effet, elles influent sur les compétences en littératie et soutiennent l'apprentissage de l'écrit. De plus, elles prédisent aussi les habiletés en mathématiques, notamment en ce qui concerne la résolution de problèmes. Par ailleurs, les FE jouent également un rôle dans le développement du langage et le développement socioaffectif (gestion des émotions et rapports sociaux).

- ❖ **L'inhibition** va permettre à l'élève de traiter les informations, en fonction de leur pertinence, et de réguler ses actions pour agir conformément à ce qui est attendu (Simpson et Riggs, 2007, cités par Duval *et al.*, 2017). En classe, cela peut se traduire par le fait de rester centré sur ce que l'on veut écrire (lors d'une tâche de production d'écrits), et d'ignorer les pensées non pertinentes vis-à-vis de la consigne. De plus, les capacités d'inhibition seraient annonciatrices des compétences mathématiques, et elles joueraient également un rôle sur la conscience phonologique et la reconnaissance des lettres (d'après Blair et Razza, 2007, cités par CTREQ, 2018).
- ❖ La **mémoire de travail** joue un rôle majeur en permettant à l'enfant de « retenir une information, et de l'utiliser d'une manière appropriée dans un autre contexte »

(Roberts et Pennington, 1996, cités par Duval *et al.* 2017, p122). Par exemple, l'élève va solliciter sa MdT pour se rappeler des tâches à accomplir en arrivant en classe. Il la mobilisera aussi en calcul mental (surtout s'il y a des étapes) ; lors d'une dictée, l'élève va faire appel à cette mémoire pour se rappeler des mots à écrire, de leur orthographe et des règles de grammaire à appliquer.

- ❖ La **flexibilité** « permet à l'enfant de changer de tâche ou de stratégie afin de passer d'une opération cognitive à une autre » (Chevalier, 2010, cité par Duval *et al.*, 2017, p122). Par exemple, en maternelle, un enfant qui joue dans le « coin marchand » pourra passer du statut de vendeur d'épicerie à celui de client. Cela amènera un changement de posture qui conduira l'élève à de nouvelles actions.

L'impact du déficit des fonctions exécutives dans les tâches scolaires :

Comme nous l'avons vu précédemment, les fonctions exécutives jouent un rôle majeur dans le développement de l'enfant et de ses apprentissages. D'après « Tous à l'école » (INSEA), 2020, un déficit des FE va amener des difficultés au plan cognitif mais aussi socioaffectif.

Un enfant souffrant de **troubles de l'inhibition** pourra sembler « impulsif et impatient car il va réagir de manière stéréotypée face aux stimulations ». En classe, cela peut se refléter par un comportement et des réponses inadaptés (incapacité à rester centré sur une tâche). L'élève peut aussi rester en retrait et avoir du mal à s'intégrer, à cause de difficultés à s'adapter aux règles de vie, et aux règles des différents jeux (dans la cour par exemple).

Une **limitation de la MdT** va se manifester par des difficultés « à garder à l'esprit toutes les tâches à accomplir pour atteindre l'objectif ». Il sera difficile pour l'élève de garder en mémoire les différentes étapes d'un travail, conserver et gérer les différentes informations (surtout si elles viennent de supports différents). A l'école, cela est régulièrement perçu comme un problème d'attention.

Un **déficit de flexibilité** implique des difficultés face au changement. L'enfant est « perdu dès que les repères ou l'activité doivent changer. Il ne peut donc plus se concentrer sur la tâche en cours ou alors continue la tâche précédente ». En classe, l'élève pourra avoir des difficultés face à un changement dans le quotidien (changement de salle, d'emploi du temps), dans les activités (tendance à continuer l'activité précédente), ou encore lors d'exercices nécessitant un changement de point de vue ou de procédure (persévérance dans une procédure erronée).

1.1.5. Les techniques de mesure des fonctions exécutives chez l'enfant

Plusieurs tests existent pour mesurer les FE chez les adultes. Certains ont été repensés et remaniés pour évaluer les FE auprès de jeunes enfants.

❖ **Inhibition :**

- Dans les tâches de contrôle de soi et régulation des émotions, on retrouve le test du Marshmallow, créé dans les années 1960 par Walter Mischel. Le but est de tester les capacités de l'enfant à résister à la tentation. L'expérimentateur va présenter à l'enfant un marshmallow, et le placer devant lui en lui expliquant qu'il en aura un deuxième s'il attend que l'adulte revienne (LAMAP, 2018).
- Le test de Stroop demande au sujet de lire le nom d'une couleur, alors qu'il est écrit dans une couleur différente. C'est un grand classique pour mesurer les capacités d'inhibition chez l'adulte. Une adaptation a été faite pour les enfants : le « Day Night Stroop », aussi appelé le test « Jour/nuit ». Les enfants doivent répondre « nuit » si on leur montre une image de soleil et inversement (d'après Monette et Bigras, 2008).
- Les épreuves de type Go/No-GO demandent au sujet d'exécuter une réponse motrice, ou de l'inhiber en fonction des stimuli présentés. Le sujet doit appuyer sur un bouton réponse quand on lui présente un stimulus poissons, et s'abstenir de répondre quand on lui présente un stimulus requins (d'après Chevalier, 2010).

❖ **Flexibilité :**

- Le « Trail Making Test » sert à mesurer la flexibilité chez les adultes. Cette tâche consiste à relier des chiffres et des lettres dans l'ordre croissant, en alternant entre un chiffre et une lettre. Néanmoins, il n'est pas accessible à de jeunes enfants qui ne maîtrisent encore ni l'alphabet, ni la comptine numérique. Plusieurs adaptations ont été réalisées, telles que le Children's Color Trail (créé en 1995 par William's *et al.*), ou le « Test de Traçage de Pistes Préscolaires » utilisé dans ce mémoire où des souris et des fromages doivent être reliés en alternance dans l'ordre croissant. Selon Monette et Bigras (2008), ce test est intéressant en termes de résultats, mais aussi parce qu'il s'adresse à une tranche d'âge relativement large.
- Dans le « Wisconsin Card Sorting Test » (créé par Grant et Berg en 1948), l'expérimentateur place quatre cartes différentes en termes de forme, couleur ou quantité d'éléments devant le sujet. Celui-ci doit placer sa carte réponse sous l'une des cartes selon le critère de tri qu'il aura choisi. L'examineur ne donne qu'un feedback « correct » ou « incorrect » sans explication. Le but de ce test est de mesurer la

persévérance du sujet à se tromper, afin de déterminer un manque de flexibilité. Pour les plus petits, le test le plus fréquent selon Monette et Bigras (2008), est le « Dimensional Change Card Sort » de Zelazo. C'est celui qui a été utilisé dans cette expérimentation. Dans ce test, l'évaluateur va demander à l'enfant de trier des cartes selon un critère (forme ou couleur) en utilisant des visuels connus.

❖ **Mémoire de travail :**

- L'épreuve des blocs de Corsi (créée en 1972), permet de mesurer les capacités relatives à la MdT, aussi bien chez les adultes que chez les enfants. L'expérimentateur pointe des cubes dans un ordre précis, et le sujet doit ensuite les montrer dans l'ordre inverse. La difficulté croît avec le nombre de cubes à mémoriser puis à répéter à l'envers. Dans la même catégorie, on note les tests d'empan de chiffres à rebours ou bien de mots, ou phrases. Le sujet doit répéter à l'envers la suite de chiffres ou de mots qui lui sont communiqués oralement.
- Le « Reading Span Test », développé par Daneman et Carpenter (1980), constitue une tâche complexe que l'on nomme « empan de lecture » en français. L'examineur présente au sujet des phrases qui n'ont pas de lien sémantique. Ce dernier doit les lire à voix haute et mémoriser le dernier mot de chaque phrase. A la fin de l'épreuve, les mots doivent être restitués. En fonction des réussites, des blocs avec un nombre de phrases croissant sont présentés au sujet.

La mesure des fonctions exécutives peut s'avérer plus compliquée chez les enfants que chez les adultes. Selon Monette et Bigras (2008), il est difficile de mesurer les FE chez de jeunes enfants sans les confondre entre elles, ou avec d'autres processus cognitifs. En effet, « les tests de FE apparaissent davantage multifactoriels pour ce groupe d'âge ». Il est donc d'autant plus important de choisir des tests permettant d'isoler clairement les différentes composantes des FE, surtout chez ces jeunes enfants où elles ont tendance à être confondues.

L'un des problèmes avec les mesures des fonctions exécutives, est que nous ne sommes pas sûrs que le test proposé ne va mesurer qu'une seule composante. C'est ce que l'on appelle l'impureté des tâches. Le test proposé va mesurer principalement une composante (par exemple la flexibilité), mais peut amener à mobiliser les autres FE (comme la MdT et l'inhibition). En effet, selon Chevalier, « les épreuves font rarement (voire jamais) appel à une seule fonction exécutive, même si les auteurs tentent au maximum de les simplifier dans cette optique » (2010, p151).

1.2. Les puzzles

1.2.1. L'origine et l'histoire des puzzles

Des historiens considèrent que le puzzle fut inventé par John Spilsbury dans les années 1760. Il a commencé par « découper des cartes collées sur des supports en bois pour faciliter l'apprentissage de la géographie ». Le puzzle avait donc une visée pédagogique. Il devient un jeu suite à la diversification des images sur les supports (animaux, monuments, etc.), et se démocratise grâce à l'utilisation du support carton plutôt que le bois. Parallèlement, sous Jules Ferry, les puzzles sont peu à peu utilisés dans l'enseignement en histoire et géographie.

Aujourd'hui, le puzzle reste un jeu courant même si les modèles classiques sont délaissés, au profit des versions de jeu en ligne ou des applications numériques (Puzzle Bois, 2018).

Réaliser un puzzle consiste à emboîter des pièces afin de reconstituer une image. Celles-ci sont conçues pour ne s'emboîter que d'une seule manière, ce qui permet d'être sûr d'avoir réalisé le bon assemblage. La difficulté dépend du nombre de pièces, de leur taille, de leur forme, ainsi que du motif présent sur chacune d'elles (est-ce que chaque pièce a un signe distinctif ou alors, est-ce que plusieurs pièces ont un motif similaire). La présence ou non d'un modèle de l'image à réaliser est aussi un critère (ce modèle pouvant être à l'échelle ou non). Dans le cas du puzzle réalisé dans le cadre de ce mémoire, les enfants avaient le modèle sur la boîte mais n'avaient pas accès au poster à l'échelle permettant de superposer les pièces.

1.2.2. Intérêt cognitif des puzzles et stratégies de résolution

Les compétences pour résoudre un puzzle :

Résoudre un puzzle va impliquer la mobilisation de diverses compétences :

- ❖ **La motricité fine** : dans la résolution du puzzle classique, le sujet doit manipuler des pièces de tailles et formes variées. Après avoir ouvert la boîte, il devra récupérer les pièces, les retourner et les agencer selon sa stratégie pour pouvoir les assembler. Ce processus fait appel à une certaine dextérité pour emboîter les pièces et faire entrer la bonne saillie dans la bonne encoche. Cette motricité fine sera d'autant plus importante que les pièces seront petites.
- ❖ **La perception visuelle** : l'assemblage des pièces se fait en fonction de ce qu'elles représentent. Le sujet devra repérer et prélever les indices visuels (couleur, forme ou motif) présents sur les pièces pour savoir lesquelles sélectionner et assembler. Selon Cordier et Pestel (1986), les indices figuratifs sont de deux ordres : les indices figuratifs de forme (le bord des pièces, la manière dont elles sont découpées), et les indices figuratifs liés au dessin (les teintes utilisées, les contours des objets)

représentés). Ces indices perceptifs sont utilisés conjointement dans le processus de réalisation.

- ❖ **Le repérage dans l'espace** : les puzzles classiques sont en 2D. Ceci implique la mobilisation de repères spatiaux pour situer les pièces dans l'espace de l'image, mais aussi pour les situer les unes par rapport aux autres, et les tourner si nécessaire afin de recomposer le modèle.
- ❖ **La logique** : pour résoudre un puzzle, le sujet doit mettre en place une stratégie (tri des pièces, appui sur l'image, constitution du pourtour du puzzle au départ). D'après Cordier et Pestel, « le puzzle n'est pas une activité ludique que l'on réussit par hasard, mais que c'est une activité « logique » au sens d'activité raisonnée, et qui doit être menée de façon rationnelle pour aboutir » (1986, p446). Certes, un puzzle peut être résolu sans utiliser de stratégie particulière, mais cela va demander plus de temps et le sujet risque de se décourager, voire d'abandonner.

La résolution de puzzle mobilise des compétences diverses mais ne nécessite pas d'aptitude particulière, que ce soit au niveau langagier ou bien mathématique. Néanmoins, cette activité peut s'exercer dans des situations d'enseignement visant des notions précises (méthodologie, lecture de l'espace), ou servir de support pour développer des compétences spécifiques (comme le vocabulaire topologique). Ceci en fait donc une activité adaptée à tous les niveaux de l'école maternelle et permet d'aborder la résolution de problèmes.

Par ailleurs, cette activité est relativement ludique et permet à la personne qui réalise le puzzle d'avoir un retour direct sur son action car, si la pièce s'emboîte, cela signifie qu'elle est bien placée ; ce qui favorise l'autonomie. Les puzzles sont aussi très présents dans le cadre familial, mais sont plutôt perçus comme une activité « amusante ». En effet, la motivation et le plaisir ont une part importante. Certains tirent leur satisfaction de la réalisation du puzzle en lui-même (par la recherche, la découverte progressive de l'image), alors que d'autres seront satisfaits lorsqu'ils assembleront la dernière pièce et que le puzzle sera terminé.

Les stratégies de résolution :

Pour résoudre un puzzle, le sujet va mobiliser différentes stratégies qui ont été recensées par Garcia (2013) :

L'utilisation de l'**image sur la boîte** donne des informations sur le placement des pièces. Les indications portent sur la couleur de la pièce par rapport à l'image, mais aussi sur la position des objets dans l'image. Certaines personnes vont chercher à ne pas, ou peu, utiliser

ce modèle. D'autres vont y recourir de manière systématique, afin de déterminer la position approchée de la pièce (nuance de couleurs, signes distinctifs). Les personnes utilisant peu l'image vont s'y référer lorsqu'elles se sentent « coincées », ou pour résoudre un problème délicat (par exemple, s'il y a plusieurs zones avec les mêmes teintes). Choisir d'utiliser ou non le modèle impacte sur la difficulté de réalisation, mais aussi sur l'aspect de recherche et de découverte de l'image ; ce qui peut amener à un sentiment de triche.

Pour la gestion des **pièces à assembler**, certaines personnes commencent par placer toutes les pièces vers le haut, ce qui facilite leur recherche et leur tri. Ceci aide aussi à utiliser l'image pour chercher et faire correspondre les pièces. A l'inverse, d'autres vont conserver les pièces dans la boîte et n'en prélever que certaines, en fonction de la partie du puzzle sur laquelle elles se concentrent. La gestion de ces pièces reflète les méthodes utilisées : laisser les pièces dans la boîte suppose une stratégie plutôt aléatoire, alors qu'étaler les pièces suggère une préférence pour une recherche systématique. Ces différences de gestion vont entraîner des méthodes de tri des pièces différentes.

Le **tri des pièces** intervient avant l'assemblage et porte sur le regroupement d'éléments ayant des caractéristiques similaires : couleur, forme, motif, modèles. La stratégie la plus répandue vise à repérer les pièces formant le pourtour du puzzle : elles sont facilement identifiables puisqu'elles ont au moins un bord droit. De plus, les individus ont tendance à privilégier le tri des pièces par couleur plutôt que le tri par forme. Ce critère serait utilisé en second, voire dernier choix, quand il ne reste plus que quelques pièces à placer selon une forme particulière. Cette idée est aussi présente chez Cordier et Pestel (1986). Les enfants, notamment les plus jeunes, n'utilisent pas vraiment la forme des pièces et se focalisent sur « l'exploitation des indices liés au dessin ». La forme peut être exploitée pour former le contour du puzzle, mais cette stratégie ne semble être que très peu utilisée, même chez des enfants de 8 ans. Ceci semble s'expliquer par le fait que les enfants de maternelle sont entraînés à décrypter les images à travers différentes activités (description d'images, travail sur les albums, dessin).

Il existe trois grands types de stratégies pour réaliser un puzzle en matière d'agencement spatial des pièces. Ce sont ces stratégies qui ont été relevées dans l'expérimentation de ce mémoire à travers la planche des « nounours ».

On classe ces stratégies de la moins experte à la plus experte :

La stratégie aléatoire où le sujet n'utilise pas de méthode particulière qui tiendrait compte de la forme, de la couleur ou encore des motifs présents sur les pièces. Il essaye

d'assembler des pièces au hasard en prenant l'une d'elles qu'il tente d'emboîter avec une autre. Cette procédure est très coûteuse en temps (surtout si le puzzle comporte beaucoup de pièces), et va conduire le sujet à de nombreux écueils, ce qui peut le démotiver et le conduire à abandonner. De plus, cette approche pourrait conduire à un échec, alors que la pièce est bien placée mais mal orientée, car le sujet agit mécaniquement, sans « réfléchir ».

La stratégie figurative qui consiste à commencer par former les objets distinctifs du puzzle. Dans le cas du puzzle utilisé dans cette expérimentation, les élèves utilisant cette procédure commenceraient par les personnages. La résolution s'appuie sur les indices visuels. Dans un premier temps, il est possible de se centrer sur un élément (un personnage), puis de construire la périphérie. Comme nous l'avons vu précédemment, les enfants de maternelle sont naturellement poussés vers la stratégie figurative, du fait de leur entraînement à l'exploitation d'images (Cordier et Pestel, 1986).

La stratégie structurante est la plus experte. Le sujet commence par construire le pourtour du puzzle, grâce à un éventuel tri permettant d'isoler les pièces du bord. La stratégie figurative sera ensuite utilisée pour construire le reste du puzzle. Néanmoins, comme nous l'avons vu précédemment, la stratégie structurante n'intervient pas avant 5 ans, et reste encore peu utilisée jusqu'à 8 ans.

1.2.3. La place des puzzles à l'école

La résolution de problèmes :

Gérin-Gratalou, Solonel et Tutiaux-Guillon (1994), cités par Chloé Guyard (2017), définissent la situation-problème comme une situation d'apprentissage où le problème ne peut être résolu que si l'élève remodèle ses représentations sur le sujet, ou s'il intègre une nouvelle compétence, et dépasse l'obstacle. L'apprenant est placé dans une situation de déséquilibre entre ce qu'il sait (ses connaissances et représentations initiales), et ce dont il a besoin pour résoudre le problème. En effet, la « situation est un problème quand on a un objectif, un but à atteindre, et que les moyens pour y parvenir ne sont pas disponibles et, sont à construire » (Clément, 2001, p318). Ceci va conduire le sujet à un questionnement, une remise en question de ce qu'il sait, puis l'acquisition de nouvelles procédures pour dépasser l'obstacle et résoudre le problème. De cette manière, il va intégrer de nouvelles connaissances de manière dynamique et faire évoluer ses représentations initiales.

Le puzzle constitue donc une situation-problème où le sujet va chercher à placer correctement des pièces afin de reconstituer une image. Cette situation peut être présentée dès le plus jeune âge, d'où la présence de nombreux puzzles dans les classes de maternelle.

Les puzzles dans les programmes :

Dans les nouveaux programmes de l'école maternelle, issus du BO de 2015, les puzzles réaffirment leur place au sein des classes. Ces « casse-tête » sont intégrés au domaine d'apprentissage « Construire les premiers outils pour structurer sa pensée » dans le sous-domaine « Explorer les formes, les grandeurs et les suites organisées ». Il est attendu qu'un enfant de fin de cycle 1 soit capable de reproduire un assemblage à partir d'un modèle et, plus particulièrement, de reproduire un modèle (puzzle, pavage, assemblage de solides) de plus de douze éléments. De plus, les puzzles s'inscrivent dans les différentes modalités d'apprentissage de l'école maternelle, et principalement, dans les modalités d'apprentissage « apprendre en jouant » et « apprendre en réfléchissant et en résolvant des problèmes », ce qui en fait une activité « complète » (BO de 2015).

D'après Cordier et Pestel (1986), la résolution de puzzles comporte de nombreux intérêts pédagogiques : tant au plan perceptif (au niveau du traitement de l'information), qu'au plan moteur (construction d'une réponse motrice), ou encore en matière de choix faits par le sujet. Cette activité permet aussi à l'enfant d'apprendre à mener une activité à son terme. Le puzzle fait donc appel à diverses compétences mais aussi modalités d'apprentissage, ce qui en fait une activité « complète » qui a toute sa place à l'école maternelle.

1.2.4. Liens entre fonctions exécutives et résolution de puzzles

Comme nous l'avons vu précédemment, les FE « constituent des fonctions cognitives supérieures qui se mobilisent dans des situations non-routinières, nouvelles, conflictuelles ou lors de la réalisation d'une tâche complexe » (Diamond, 2016, cité par Duval *et al.* 2017, p121). Ces habiletés vont intervenir lors de la réalisation de puzzles.

- ❖ **Inhibition** : la capacité d'inhibition intervient dans le tri des informations et le rejet de celles qui ne sont pas pertinentes. Elle va aider le sujet à choisir la bonne pièce parmi toutes les autres, en se centrant sur des critères précis (forme, couleur, motif), et en ignorant les autres.
- ❖ **Mémoire de travail** : la MdT va être mobilisée afin de traiter les informations nécessaires à la construction du puzzle. Par exemple : se souvenir que telle partie du puzzle nécessite des pièces vertes avec tel motif pour les feuilles ou, que pour le personnage de l'abeille, il ne manque qu'un œil donc, si le sujet trouve une pièce avec un œil dessiné dessus, cette pièce pourrait appartenir à ce personnage.
- ❖ **Flexibilité** : la flexibilité, qui se traduit globalement comme la capacité à alterner entre deux tâches, va avoir une participation très importante dans la résolution de

puzzle. Elle sera utilisée, par exemple, lorsque le sujet va essayer d'emboîter une pièce, mais qu'il se rend compte qu'elle ne convient pas. Il faudra que le sujet soit flexible pour parvenir à changer de pièce et donc, en essayer une autre.

2. Problématique

Dans cette première partie, nous avons défini ce qu'étaient les fonctions exécutives, ainsi que leur mobilisation dans la réalisation de puzzles. Nous avons choisi de nous intéresser, dans le cadre de cette expérimentation, à l'éventuelle corrélation entre capacités relatives aux FE des enfants de maternelle et performances en résolution de puzzles. Nous analyserons le lien entre bons résultats aux tests neuropsychologiques, et performance en résolution de puzzles. Voici les hypothèses en lien avec FE présentées dans cet écrit :

- ❖ **Corrélation entre inhibition et résolution de puzzles** : La capacité à se contrôler et choisir les pièces, les placer de manière logique en rejetant ses émotions, permet d'être meilleur en réalisation de puzzles.
- ❖ **Corrélation entre flexibilité et résolution de puzzles** : La capacité à changer de pièce ou de stratégie quand on remarque que celle utilisée ne convient pas, à alterner entre les informations du modèle et les pièces en sa possession, permet de réaliser un puzzle plus rapidement.
- ❖ **Corrélation entre mémoire de travail et résolution de puzzles** : La capacité à retenir des informations (taille, couleur, forme de la pièce) et à les traiter de manière pertinente, en relation avec les pièces déjà placées ou le modèle, permet d'être plus performant en réalisation de puzzles.

En France, le statut socio-économique et culturel des familles a une influence non négligeable sur les performances scolaires, et semblerait impacter le développement des FE chez l'enfant. Nous formulerons l'hypothèse suivante :

- ❖ **Corrélation entre statut socio-professionnel des parents et capacités relatives aux FE chez l'enfant** : Les enfants issus de familles favorisées sont ceux qui ont de meilleures capacités en matière de FE.

Des recherches ont aussi mis en avant l'impact positif du bilinguisme sur le développement des FE. Nous pouvons donc formuler l'hypothèse suivante :

- ❖ **Corrélation entre bilinguisme et capacités relatives aux FE chez l'enfant** : Les enfants allophones (issus de familles parlant une autre langue) sont ceux qui ont de meilleures capacités en matière de FE.

3. Méthode

Afin de mesurer les fonctions exécutives chez des enfants de maternelle (âgés de 3 à 6 ans), des professeurs des écoles stagiaires ont effectué différents tests dans le cadre de ce sujet de recherche. Chaque test a été réalisé individuellement hors de la classe, en situation duelle, pour que l'enfant puisse se concentrer au maximum, et limiter les éventuels bruits parasites.

3.1. Participants

Cette étude a été réalisée auprès de 82 élèves de maternelle résidant dans des communes de Savoie et Haute-Savoie. 13 élèves de petite section (8 filles et 5 garçons), 50 élèves de moyenne section (26 filles et 24 garçons) ainsi que 19 élèves de grande section (7 filles et 12 garçons) ont participé à l'expérimentation. L'échantillon est composé d'élèves issus de toutes les classes sociales, d'élèves allophones, et d'élèves avec des niveaux scolaires très hétérogènes. Les tests ont été réalisés dans les écoles entre les mois de janvier et mars 2020.

3.2. Mise en œuvre matérielle et déroulement

Cette étude a nécessité cinq tests devant être réalisés par chacun des enfants :

- ❖ Test « Tête – Epaules – Genoux – Pieds » ou TEGP (durée de 10 à 15 minutes)
- ❖ Test de tri de cartes à changement de dimension ou DCCS (durée de 10 à 15 minutes)
- ❖ Test de traçage des pistes préscolaires ou Trail-P (durée de 5 à 10 min)
- ❖ Test Empan mnésique (durée de 5 à 10 minutes)
- ❖ Résolution d'un puzzle de 30 pièces (durée de 3 à 10 minutes)

3.2.1. Test « Tête – Epaules – Genoux – Pieds » (TEGP)

Ce test permet de mesurer les capacités d'inhibition des participants. Il existe un parallèle avec le jeu du « ni oui ni non », ou le test de Stroop où le participant doit faire un effort et se contrôler. Ici, le sujet doit inhiber et donc réaliser une action qui va à l'encontre de l'instruction donnée par l'évaluateur. Le TEGP comporte trois épreuves déclinées en trois étapes : démonstration, pratique et évaluation/test. Le score s'obtient en comptabilisant les bonnes réponses immédiates (2 points), et les bonnes réponses après auto-correction de l'élève (1 point).

Dans la première épreuve, on se centre sur la tête et les pieds. Dans la « démonstration », l'examineur touche sa tête puis ses pieds en verbalisant, puis demande à l'élève de faire comme lui. Ensuite, il demande à l'enfant de faire le contraire de ce qu'il

demande (c'est la partie « pratique »). Par exemple, si l'examineur dit à l'enfant « touche ta tête », l'enfant doit toucher ses pieds et inversement. Si l'enfant répond correctement, l'évaluateur donne un feed-back positif ; sinon il réexplique les consignes. Ici, l'adulte peut réexpliquer la consigne trois fois maximum et relève le nombre de rappels. L'enfant peut demander lui-même à l'adulte de redonner la consigne. Ensuite, dans la partie « test », l'élève est évalué. Il ne bénéficie plus d'explications de la part de l'adulte et ne reçoit plus de feed-back (positif ou négatif). A l'issue de cette première épreuve, l'élève doit atteindre au moins 4 points pour passer à la suivante. S'il n'atteint pas ce score minimum, le test s'arrête.

Pour la seconde épreuve, le fond de l'activité reste le même. Néanmoins, on ajoute certaines parties du corps : les épaules et les genoux. L'élève doit continuer à faire le contraire de ce que lui demande l'examineur. Quand ce dernier dit « touche ta tête », l'élève doit continuer à toucher ses pieds et inversement ; mais quand l'examineur demande « touche tes épaules », l'élève doit toucher ses genoux et inversement. Comme dans la partie précédente, si l'élève n'atteint pas le score minimum de 4 points dans la phase « test », le test s'arrête.

La dernière épreuve conserve la structure et l'objectif de départ. Toutefois, on bouleverse les règles en changeant l'association « ordre-partie du corps ». Quand l'examineur dit « touche ta tête », l'élève doit toucher ses genoux et quand il dit « touche tes genoux », l'élève doit toucher sa tête. De même, si l'adulte dit « touche tes pieds », l'élève doit toucher ses épaules et inversement ; quand l'évaluateur dit « touche tes épaules », l'élève doit toucher ses pieds.

Le relevé des scores se matérialise de la manière suivante :

Epreuve 1 : Tête/pieds	XX points / 20
Epreuve 2 : Genoux/épaules	XX points / 20
Epreuve 3 : Tête/pieds/genoux/épaules	XX points / 20

Au préalable, un travail sur le vocabulaire du corps est nécessaire, notamment pour les plus jeunes participants et le public allophone prenant part à cette étude. En effet, l'examineur doit s'assurer que les élèves connaissent les parties du corps utilisées dans cette épreuve. Cette vérification permet de s'assurer que l'erreur de l'élève est liée à un manque de contrôle inhibiteur, et non à une mauvaise connaissance du vocabulaire.

Par ailleurs, il est important de noter que cette activité mobilise principalement les capacités d'inhibition, mais pas seulement. Elle implique aussi des compétences relevant de la MdT et de la flexibilité (notamment dans la dernière partie du test), mais dans une moindre mesure. Ceci est lié à l'impureté des tâches, déjà évoquée dans la partie portant sur la mesure des FE chez l'enfant. Les FE étant proches les unes des autres chez ce jeune public, il est donc

difficile de proposer une tâche qui ne mesure qu'une seule FE. Par conséquent, la tâche mesure principalement une FE mais en réalité, les autres sont tout de même mobilisées.

3.2.2. Test de tris de cartes à changement de dimensions

Le tri de cartes à changement de dimensions (DCCS) permet de mesurer la flexibilité, et donc la capacité à alterner entre plusieurs informations ou tâches. L'évaluateur demande à l'élève de trier des cartes sur lesquelles figure une image en fonction de critères évolutifs. Ce test se décline en plusieurs étapes : il y a au total deux étapes de démonstration et trois étapes de pratique (test). Il y a deux scores à l'issue du DCCS. Le premier résulte des bonnes réponses aux deux premières étapes de pratique, et le second correspond à la somme des points de la dernière partie de pratique.

Au départ, deux boîtes sont placées devant l'élève avec, sur chacune d'elle, une carte modèle : un lapin bleu est placé sur la boîte située à gauche de l'enfant, et un bateau rouge sur la boîte située à sa droite. L'examineur possède un tas de cartes avec des images de lapins et bateaux (bleus ou rouges) rangées dans un ordre précis. Certaines possèdent un cadre noir qui sera nécessaire à la dernière étape de pratique. L'enfant doit ranger les cartes selon les critères énoncés. Avant chaque essai, le protocole prévoit un rappel de la règle de tri à l'enfant, par exemple : « Donc rappelle-toi, si c'est un lapin il va ici, mais si c'est un bateau il va là ».

Il existe deux ordres de passation pour le DCCS. Leur contenu est identique : les tâches demandées et les critères de tris sont les mêmes. Seul l'ordre de présentation des cartes diffère. Ainsi, dans l'ordre 1, les élèves doivent trier les cartes d'abord en fonction de leur forme, puis en fonction de leur couleur. Dans l'ordre 2, c'est l'inverse ; les élèves trient en premier les cartes en fonction de leur couleur, puis en fonction de leur forme.

45 élèves ont passé le DCCS dans l'ordre 1, et 36 élèves l'ont passé dans l'ordre 2.

Pour démarrer, l'évaluateur présente les deux boîtes à l'enfant et explicite le critère de tri pour le jeu des formes. Il indique précisément que les lapins vont dans une boîte et les bateaux dans l'autre. Ensuite, il fait un exemple avec la première carte, puis demande à l'enfant où va la seconde carte. L'adulte lui demande de la ranger dans la bonne boîte et donne un feedback positif ou négatif en fonction de la réponse. Ensuite, dans la première phase de test (composée de huit essais), l'évaluateur ne donne plus de feedback à l'enfant et relève le nombre de bonnes réponses.

Pour l'étape suivante, l'évaluateur annonce à l'élève que la règle change et qu'il va jouer au jeu des couleurs. De la même manière que pour l'étape 1, il explicite la règle en montrant que les images rouges vont dans une boîte et les bleues dans l'autre. Ensuite, on

passé à la phase de test où l'enfant n'a plus de feedback, et où l'évaluateur comptabilise le nombre de bonnes réponses sur les huit essais proposés. On ne passe à la dernière partie du DCCS que si l'enfant obtient au moins cinq lors de ces deux phases de test.

La dernière partie commence également par une démonstration où l'évaluateur modifie la règle du jeu. On conserve les mêmes images, mais certaines sont entourées d'un cadre noir. L'examineur explicite la nouvelle règle auprès de l'enfant : si l'image est entourée d'un cadre noir, on joue au jeu des couleurs, sinon, on joue au jeu des formes. Il donne ensuite un exemple avec cadre et un exemple sans cadre. Puis, on passe à la phase de test avec douze essais, où l'élève trie les cartes selon la nouvelle règle. L'évaluateur comptabilise seulement les bonnes réponses.

Le relevé des scores se matérialise de la manière suivante pour l'ordre 1 :

Epreuve 1 : Tri selon la forme	X points / 6
Epreuve 2 : Tri selon la couleur	X points / 6
Epreuve 3 : Tri avec les deux critères (partie avec cadre)	XX points / 12

Lors de l'exploitation des données, nous ne retiendrons que les résultats obtenus lors de la partie 3.

3.2.3. Test de traçage des pistes préscolaires (Trail-P)

Ce test est utilisé pour mesurer la flexibilité et l'inhibition. Ici, il est adapté pour les enfants (images de souris et de fromages) qui ne maîtrisent encore pas, ou peu, l'ordre des lettres ni la suite numérique. Le Trail-P s'organise en trois épreuves déclinées en trois étapes. Pour chaque étape, il y a une partie « démonstration » réalisée par l'adulte, une partie « pratique » où l'élève va pouvoir s'entraîner, et enfin une partie « évaluation » qui constitue le cœur du test. Le résultat correspond au temps nécessaire à l'élève pour réaliser la tâche.

Lors de la première épreuve, le support ne contient que des images de souris de tailles différentes. La tâche consiste à relier les souris de la plus petite à la plus grande sans lever le crayon. L'évaluateur l'explique à l'enfant lors de la démonstration, en reliant lui-même les souris sur un support avec un nombre limité. Ensuite, l'enfant peut s'essayer lors de la phase de pratique sur un support présentant lui aussi un nombre de souris limité. S'il se trompe, l'adulte annonce qu'il y a eu une erreur mais ne l'explique pas. Il replace le crayon sur le dernier emplacement valide et demande à l'enfant de reprendre. Dans la phase de test, l'élève réalise la même activité avec un nombre plus important de souris et l'évaluateur relève le temps mis par l'élève pour relier toutes les souris.

Dans la seconde épreuve, des images de fromages sont ajoutées. Le fond de l'activité reste inchangé. Néanmoins, l'enfant doit relier les items en alternant souris et fromages,

toujours dans l'ordre croissant. Ainsi, il commence avec la plus petite souris, qu'il doit relier au plus petit fromage, puis à la souris un peu plus grande, puis au fromage correspondant et ainsi de suite. Cette épreuve suit le schéma démonstration, pratique et évaluation. Si l'ordre et l'alternance ne sont pas respectés l'évaluateur annonce l'erreur, replace le crayon sur le dernier item correct, et demande à l'élève de reprendre.

Dans la dernière partie, des éléments perturbateurs sont ajoutés (annexe 1). L'objectif de la tâche reste le même mais l'élève doit aussi éviter les éléments perturbateurs. Si le crayon touche un de ces éléments, ou si le trait passe sur l'un d'eux, c'est une erreur. L'évaluateur replace alors le crayon sur le dernier emplacement valide et demande à l'élève de réessayer.

Le relevé des scores se matérialise de la manière suivante :

Test souris	XX secondes
Test souris-fromages	XX secondes
Test souris-fromages-perturbateurs	XX secondes

Les scores seront ensuite analysés de la manière suivante :

- ❖ Le score de la planche avec les souris et fromages – celui de la planche avec les souris permet de mesurer la flexibilité.
- ❖ Le score de la planche avec les perturbateurs – celui de la planche avec les souris et fromages permet de mesurer l'inhibition.
- ❖ Le score de la planche avec les perturbateurs – celui de la planche avec les souris permet de mesurer la flexibilité ainsi que l'inhibition.

3.2.4. Test Empan mnésique

Trois tests ont été menés pour mesurer la MdT : le test des blocs de Corsi, un test d'empan avec des chiffres inversés et un test d'empan de mots inverse. Ici, les élèves doivent mémoriser les informations données, puis les traiter pour les rendre dans l'ordre inverse.

Test des blocs de Corsi :

Ce test se divise en deux parties. L'examineur et l'élève se placent autour d'un plateau sur lequel sont disposés neuf cubes parfaitement identiques. Sur chacun d'eux, figure une lettre allant de A à I, qui n'est visible que par l'examineur. Ce test est introduit par le biais d'une marionnette (Gabrielle) qui fait tout à l'envers.

Le test débute par une phase de démonstration. L'évaluateur montre le cube A, puis le cube B en les nommant, puis les montre avec la marionnette dans l'ordre B – A, en réexpliquant que la marionnette fait tout à l'envers. Il demande ensuite à l'enfant de faire ce que ferait la marionnette. S'il répond correctement, on passe à la phase de test, sinon l'évaluateur refait une démonstration en réexpliquant.

La phase de test comporte cinq séries constituées chacune de deux essais. Dans la première série, l'adulte montre deux blocs que l'enfant doit ensuite montrer dans l'ordre inverse. Un point est accordé à chaque essai. Si l'élève se trompe aux deux essais d'une même série, le test s'arrête et on passe au suivant. A chaque série, l'examineur rajoute des blocs pour atteindre 5 blocs lors de la dernière série. Le sujet peut obtenir au maximum 10 points.

Test à empan de chiffres inverse :

Ce test intervient à la suite du test des blocs de Corsi avec deux parties également. Une phase de démonstration permet à l'examineur de rappeler à l'enfant que Gabrielle fait tout à l'envers. Ensuite, il donne un exemple à l'aide de la marionnette : « par exemple, si je dis 6 – 9, Gabrielle va me dire 9 – 6 ». L'enfant doit à son tour faire comme la marionnette.

Comme pour l'épreuve précédente, pour la phase de test, il y a cinq séries de deux essais. L'examineur énonce une suite de chiffres que l'enfant doit restituer à l'envers. Dans la première série, l'évaluateur annonce deux chiffres, puis, augmente le nombre de chiffres annoncés, pour atteindre cinq chiffres lors de la dernière série. Un point est accordé à chaque bonne réponse. Si l'enfant se trompe sur les deux essais d'une même série, le test s'arrête.

Test à empan de mots inverse :

Ce test intervient en dernier et se divise lui aussi en deux étapes. Lors de la démonstration, l'évaluateur rappelle que la marionnette fait tout à l'envers et qu'elle répète même les mots à l'envers. Ensuite, il donne un exemple : « par exemple, si je dis chat – bouche, Gabrielle va me dire bouche – chat ». L'enfant doit à son tour faire comme elle.

Pour la phase de test, ici encore on compte cinq séries de deux essais. Au début, l'enfant est invité à répéter deux mots dans l'ordre inverse, puis la tâche se complexifie au fil des séries avec davantage de mots (cinq mots par essais lors de la dernière série). Chaque bonne réponse vaut un point et s'il y a deux erreurs sur une même série, le test s'arrête.

Le relevé des scores se matérialise de la manière suivante :

Epreuve 1 : Test des blocs de Corsi	XX points / 10
Epreuve 2 : Test à empan de chiffres inverse	XX points / 10
Epreuve 3 : Test à empan de mots inverse	XX points / 10

Au préalable, un temps a été pris avec les élèves allophones pour leur expliquer le sens des mots présentés lors de la dernière phase du test. En effet, il est plus difficile de répéter des mots que l'on ne connaît pas, et qui apparaissent alors comme une simple suite de sons dénués de sens. Néanmoins, cette présentation des mots auprès des élèves allophones pourrait introduire des biais, par rapport à d'autres élèves qui n'auraient pas eu cette indication.

3.2.5. Résolution du puzzle

Tous les élèves ont eu à résoudre le même puzzle de 30 pièces afin d'éviter les biais. Celui-ci (annexe 2) présentait les caractéristiques suivantes :

- ❖ Forme rectangulaire
- ❖ Plusieurs personnages de taille relativement importante
- ❖ Visuel attrayant pour de jeunes enfants
- ❖ Modèle présent sur la boîte du puzzle à une échelle différente
- ❖ Absence de cadre ou support pour poser les pièces (le poster n'est pas utilisé)

Au préalable, l'évaluateur dispose les pièces sur la table dans le désordre avec les faces visibles, devant l'enfant. Il place le modèle (boîte du puzzle) à proximité, de manière à ce qu'il reste visible. Puis, l'adulte explique à l'élève qu'il doit réaliser ce puzzle. Il demande à l'élève de lui signifier quand il est prêt à commencer pour déclencher le chronomètre. L'enfant réalise alors le puzzle seul, sans aide. L'examineur observe et recense :

- ❖ La procédure utilisée par l'enfant (annexe 3)
- ❖ Le nombre de demandes d'aide
- ❖ Le nombre de tentatives d'emboîtement erronées

Si l'enfant demande de l'aide, l'évaluateur peut seulement lui adresser un message d'encouragement, mais sans lui apporter un appui quelconque. Quand l'enfant a terminé, l'examineur arrête le chronomètre et relève le temps nécessaire pour réaliser le puzzle. Toutefois, si au bout de dix minutes l'élève n'a pas réussi, l'adulte arrête le chronomètre et comptabilise le nombre de pièces placées. Un calcul sera réalisé pour obtenir le temps extrapolé, c'est-à-dire le temps que l'élève aurait mis s'il était allé au bout de la résolution. Il s'obtient en calculant le temps moyen mis par pièce (en secondes), multiplié ensuite par le nombre de pièces. Ici, le temps moyen est multiplié par 30 car le puzzle comporte 30 pièces.

Ensuite, un temps de métacognition invite l'élève à revenir sur sa procédure. L'examineur lui présente une planche avec des nounours réalisant un puzzle de trois façons différentes, et lui demande de désigner celui qu'il a utilisé :

- ❖ Le nounours bleu présente une stratégie structurante : on part des bords vers le centre du puzzle.
- ❖ Le nounours jaune présente une stratégie figurative : on démarre d'un point facilement identifiable (par exemple un gros personnage), puis on construit la périphérie.
- ❖ Le nounours vert présente une stratégie aléatoire : les pièces sont placées les unes à côté des autres et assemblées peu à peu.

Le relevé des scores se matérialise de la manière suivante :

Temps de résolution	Nombre de demandes d'aide	Nombre de tentatives d'emboîtement erronées	Nounours prétendument utilisé	Nounours utilisé
XX secondes ou XX pièces (si le temps dépasse 10min)	X demandes	X tentatives	Bleu ou jaune ou vert	Bleu ou jaune ou vert

Dans les classes, on trouve des puzzles auxquels les élèves ont accès quotidiennement. De même, certains élèves pratiquent régulièrement des activités de puzzles dans la sphère familiale. Ceci peut constituer un entraînement et favoriser certains enfants. Afin de limiter ces biais, les enseignants ont limité l'accès aux puzzles et n'ont pas travaillé les stratégies de résolution avec les élèves avant cette étude.

4. Résultats

Après avoir mené les différents tests auprès des élèves, nous avons mis en commun les résultats obtenus afin d'obtenir un échantillon plus grand, et donc des analyses plus pertinentes. Nous chercherons à vérifier s'il existe des liens de corrélation, ou de régression, entre les différentes FE et la performance au puzzle. Les résultats nous permettront aussi de constater s'il y a un lien entre le milieu social, l'exposition au bilinguisme et le développement des FE. Les calculs ont été effectués avec le logiciel Statistica.

Les résultats présentés ci-dessous sont obtenus pour un seuil de confiance à 0,95. Dans ces analyses, notre effectif maximal est de 82 participants. Ceci explique la marge d'erreur assez forte qui est exprimée sur chaque graphique par les barres verticales bleues.

4.1. Analyse préliminaire

Avant l'exploitation des résultats, nous avons réalisé une analyse préliminaire afin d'identifier les différentes variables qui pourraient créer des biais dans l'étude menée. Ici, nous avons testé les variables suivantes sur le score extrapolé au puzzle : effet de l'expérimentateur, effet de l'ordre de passation du DCCS, effet du sexe de l'enfant.

Grâce à cette analyse selon la loi de Fischer, nous avons constaté qu'il y avait un effet de l'expérimentateur. Il faut donc être prudent avec les résultats obtenus car les enfants ont pu ne pas tous être testés dans les mêmes conditions. Néanmoins, on obtient $F(4,55) = 5,8279$, $p=.00055$, ce qui signifie que l'on a moins d'une chance sur mille de se tromper en généralisant ces résultats à l'ensemble des enfants de maternelle.

4.2. Analyses de corrélation entre les tests de FE

Variables	Correlations (Fichier données Statistica_OK) Marked correlations are significant at $p < .05000$ N=49 (Casewise deletion of missing data)							
	Moyenne	Ecart-type	MDT composite	DCCS cadre	TEGP 1+2+3	Trail fromage – Trail contrôle	Trail perturbateur – Trail contrôle	Trail perturbateur – Trail fromage
MDT composite	2.42857	1.68737	1.00000	0.21789	0.449078	-0.269132	-0.266441	-0.098964
DCCS cadre	6.61224	2.02912	0.21789	1.00000	0.374405	-0.162017	-0.255680	-0.187332
TEGP 1 + 2 + 3	24.48980	16.98298	0.449078	0.374405	1.00000	-0.382198	-0.518271	-0.328111
Trail fromage – Trail contrôle	33.84122	32.36210	-	-	-	1.000000	0.667866	-0.064205
Trail perturbateur – Trail contrôle	47.62143	45.21413	-	-	-	0.667866	1.000000	0.699865
Trail perturbateur – Trail fromage	13.78020	33.72161	-	-	-	-0.064205	0.699865	1.000000

Figure 1 – Matrice représentant les corrélations entre les scores du DCC, MDT, TEGP1+2+3 et Trail-P (3mesures).

Nous avons calculé les corrélations afin de savoir si les différentes mesures de FE sont liées entre elles. Les corrélations significatives au seuil de confiance de 0,95 apparaissent en rouge dans le tableau. On remarque que la MdT composite est corrélée avec le TEGP ; ainsi, les performances aux test de MdT sont donc bien liées aux performances au TEGP, et inversement. Les scores du TEGP sont corrélés avec les scores obtenus au DCCS. Nous remarquons également un lien significatif entre les trois scores du Trail-P et ceux du TEGP.

4.3. Analyses de régression

4.3.1. Effet des différentes FE sur le temps extrapolé au puzzle

Nous avons réalisé une analyse de régression, portant sur les trois niveaux de classe, afin de mettre à jour un lien de prédictibilité entre le score obtenu par les élèves aux différents tests de FE et le temps de résolution au puzzle. Pour cela nous avons utilisé la loi de Fischer.

Variable dépendante	Test réalisé	FE mesurée	Lien de prédictibilité
Temps de résolution au puzzle	Score total TEGP	Inhibition	Oui
	Score total Corsi – chiffres – mots	MdT composite	Oui
	Score Trail – P (perturbateur – fromage)	Inhibition	Non
	Score Trail – P (fromage – souris)	Flexibilité	Oui
	Score total DCCS	Flexibilité	Oui
	Tentatives d'emboîtements erronés		Oui

Effet de la MdT composite sur le temps extrapolé au puzzle :

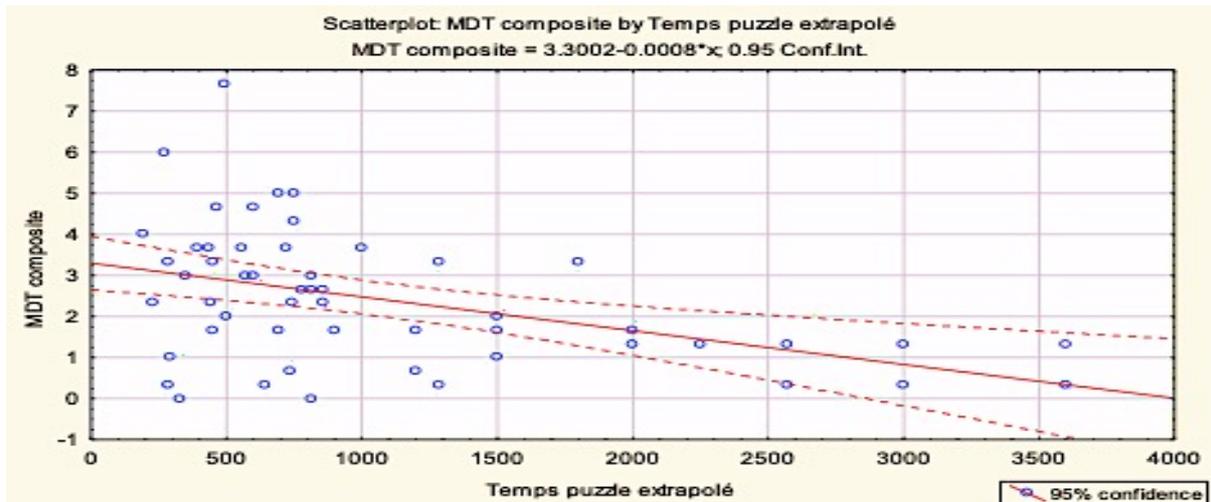


Figure 2 – Nuage de points représentant l’influence du score de MdT sur le temps extrapolé au puzzle.

La MdT composite a un effet prédictif significatif sur le score extrapolé au puzzle, $F(1,51) = 12.02$, $p < .01$. On peut donc généraliser ce résultat à l’ensemble des enfants de maternelle puisque p est inférieur à $.01$. Le nuage de points représente les scores en MdT composite sur l’axe des ordonnées, et le temps de résolution extrapolé au puzzle sur celui des abscisses. La droite de régression, en rouge, permet de mettre en évidence la tendance du nuage de points qui représente les scores individuels. Ainsi, plus l’élève obtient un score élevé en MdT, meilleur il sera en résolution de puzzle.

Effet de l’inhibition sur le temps extrapolé au puzzle :

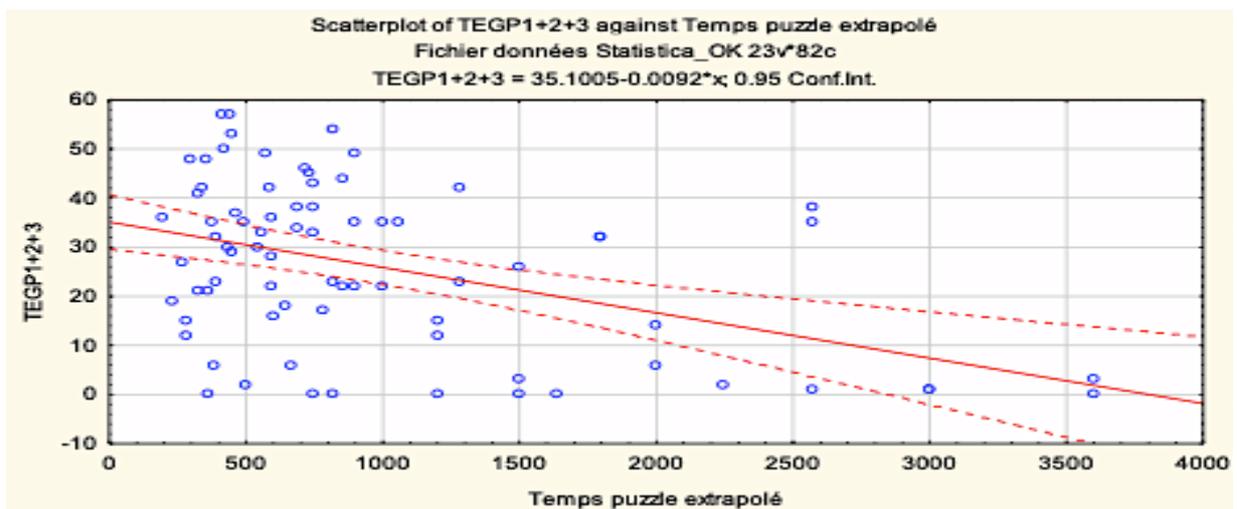


Figure 3 – Nuage de points représentant l’influence du score total du TEGP sur le temps extrapolé au puzzle.

L’inhibition, mesurée par la somme des scores du TEGP, a un effet prédictif significatif sur le score extrapolé au puzzle $F(1,74)=17.59$, $p < .0001$. En réalisant une analyse statistique de Fischer (F) avec un degré de liberté de (1,74), nous avons 0.01% de chance de

nous tromper en affirmant qu'il y a une corrélation entre le score obtenu à la somme des épreuves du TEGP et le temps extrapolé au puzzle. Cela signifie que plus l'élève obtient un score élevé au test du TEGP (somme des trois épreuves), moins il mettra de temps pour résoudre le puzzle. Nous avons également mesuré l'inhibition au travers du test du Trail-P (perturbateurs-fromage), mais celui-ci n'a pas d'effet prédictible sur le temps extrapolé au puzzle ($p > .10$).

Effet de la flexibilité sur le temps extrapolé au puzzle :

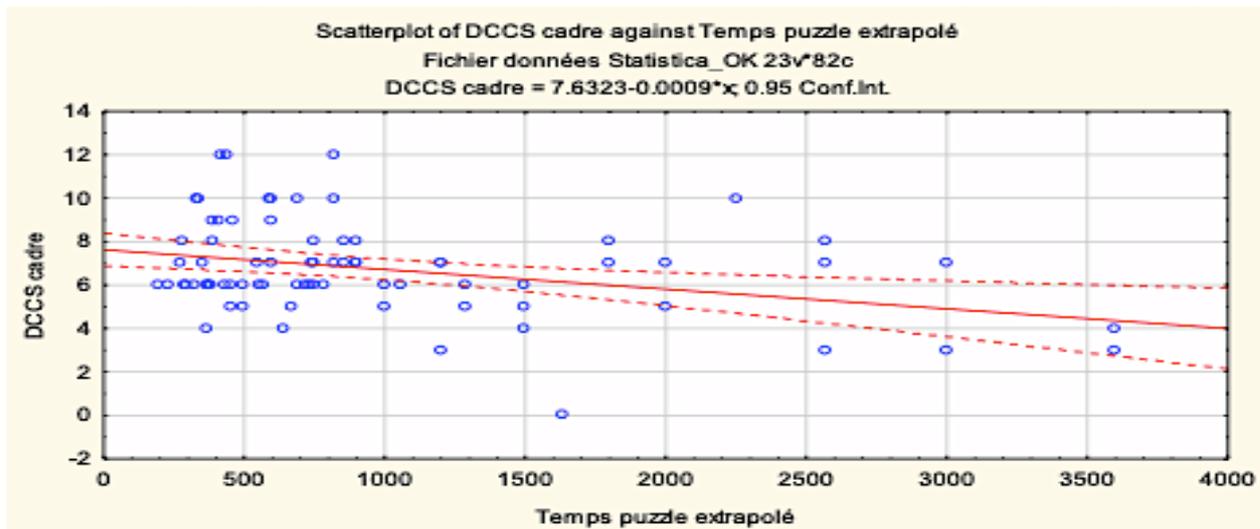


Figure 4 – Nuage de points représentant l'influence du score du DCCS sur le temps extrapolé au puzzle.

La flexibilité mesurée par le score obtenu au DCCS a un effet significatif sur le temps extrapolé au puzzle, $F(1,73)=9.09$, $p < .01$. Nous avons environ 1% de chance de nous tromper en déclarant qu'il y a une corrélation entre la flexibilité (mesurée par le DCCS), et le temps extrapolé au puzzle. Ainsi, plus l'élève obtient un score élevé au DCCS, plus il est flexible et moins il mettra de temps pour résoudre le puzzle.

Nous avons également mesuré la flexibilité au travers du test Trail-P (fromage-souris). Ici encore, la flexibilité a un effet significatif sur le score extrapolé au puzzle, $F(1,65)=10.57$, $p < .01$. Cela signifie que plus la différence de temps entre le Trail-fromage et le Trail-souris est faible, plus l'élève est flexible et donc, meilleur il est au puzzle.

4.3.2. Effet de l'environnement sur les tests de FE

Effet de la CSP des parents sur les tests de FE :

Nous n'avons pas obtenu d'effet significatif de la CSP de la mère sur les résultats obtenus. Nous nous centrerons donc sur les effets de la CSP du père. Le classement des CSP utilisé est tiré de l'INSEE, et présenté en annexe 4.

Tout d'abord, nous pouvons noter que la CSP du père n'a pas d'effet significatif sur les performances au puzzle extrapolé, ni sur la flexibilité mesurée par le DCCS, puisque pour ces deux analyses nous obtenons $p > .10$.

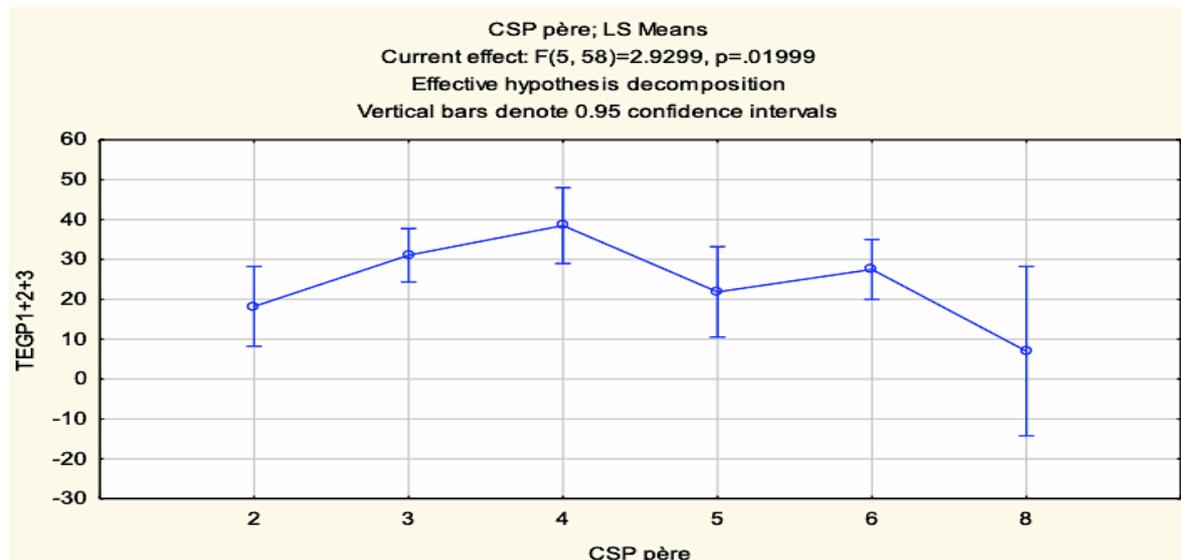


Figure 5 – Graphique représentant l'impact de la CSP du père sur le score total du TEGP.

La CSP du père a un effet significatif sur les performances inhibitrices de l'enfant, mesurées ici par la performance au total du test TEGP, $F(5,58) = 2.93$, $p < .01$. Nous avons 1% de chance de nous tromper en affirmant qu'il y a une corrélation entre la CSP du père et le score obtenu au TEGP. Nous pouvons voir ici que ce sont les enfants dont le père est issu de la CSP 4 (professions intermédiaires) qui réussissent le mieux aux tests d'inhibition, suivis par les enfants de cadres et professions intellectuelles supérieures.

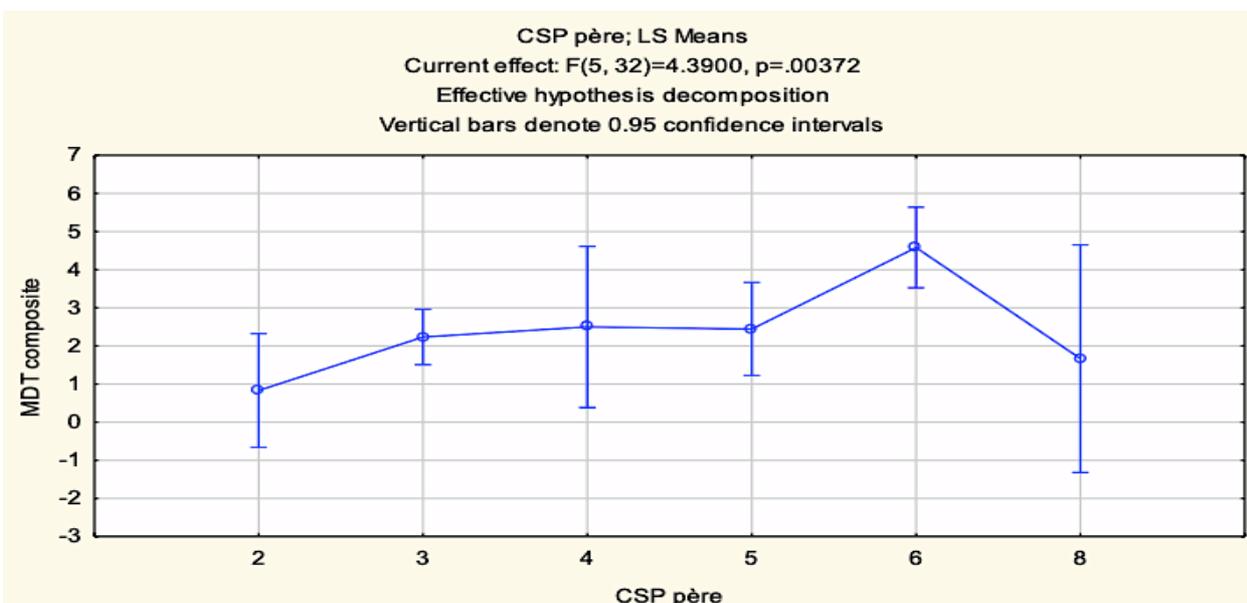


Figure 6 – Graphique représentant l'impact de la CSP du père sur le score de Mdt composite.

La CSP du père a également un effet prédictif significatif sur le score obtenu pour la MdT composite, $F(5,32)=4,39$, $p<.01$. En réalisant un test de Fischer (F) avec un degré de liberté de (5,32), nous avons 1% de chance de nous tromper en affirmant qu'il y a une corrélation entre la CSP du père, et le score obtenu pour la MdT composite. Nous remarquons que ce sont les enfants d'ouvriers (CSP numéro 6) qui ont obtenu les scores les plus élevés en MdT composite. Les enfants de cadres et professions intellectuelles supérieures, de professions intermédiaires, ou d'employés, ont des performances relativement proches.

Comme pour les tests relatifs à l'inhibition, nous remarquons que la plus grande marge d'incertitude pour les performances aux tests de FE concerne les enfants dont le père appartient à la CSP 8, qui concerne les personnes sans activité professionnelle.

Effet du bilinguisme sur les tests de FE :

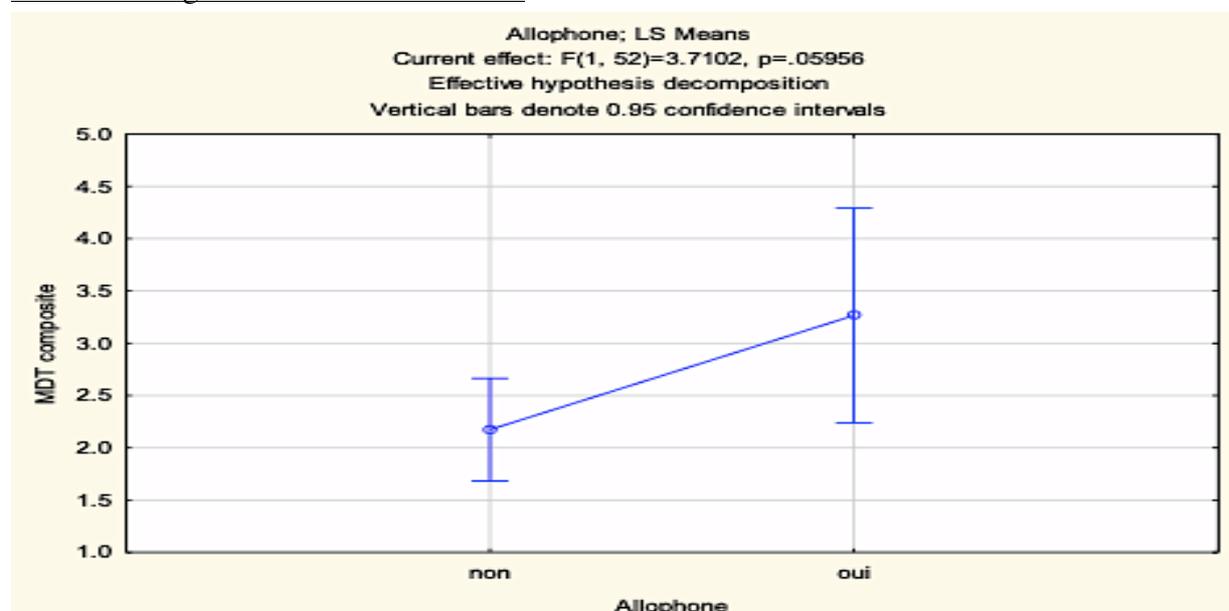


Figure 7 – Graphique représentant l'impact d'être allophone sur le score de MdT composite.

Être allophone semble avoir un impact sur les performances en MdT. En effet, nous constatons ici qu'être allophone a un effet tendanciellement significatif sur la MdT composite, $F(1,52)=3,71$, $p<.06$. Un résultat est considéré comme significatif lorsque $p<.05$. Néanmoins, pour les échantillons réduits comme ici, le résultat est tendanciellement significatif lorsque p est compris entre .10 et .05. En effet, avec davantage de participants, ce résultat pourrait devenir inférieur à .05, c'est pourquoi nous l'interprèterons ici comme un effet significatif. Nous pouvons donc dire que les élèves allophones ont de meilleurs résultats en MdT composite que les élèves monolingues. Les élèves allophones obtiennent un score moyen en MdT composite de 3,27 contre 2,17 pour les élèves monolingues, ce qui confirme cette idée.

5. Discussion

5.1. Validation des hypothèses

Cette étude a été menée par un groupe de six professeurs des écoles stagiaires dans des classes de maternelle auprès d'un public très hétérogène composé de 82 enfants, âgés de 3 ans à 6 ans. L'un des objectifs était de mettre en évidence les apports du puzzle du point de vue de la résolution de problèmes, mais aussi la mobilisation de diverses compétences cognitives nécessaires pour le résoudre. Nous avons formulé différentes hypothèses à propos du rôle des FE sur la résolution de puzzle, ainsi que sur les facteurs de développement de ces FE :

- ❖ Les élèves qui ont les meilleures capacités en inhibition sont les plus performants en résolution de puzzle.
- ❖ Les élèves les plus performants en MdT sont ceux qui parviennent à résoudre un puzzle le plus rapidement.
- ❖ Les élèves les plus flexibles sont les plus performants en résolution de puzzle.
- ❖ Les enfants dont les parents ont une CSP élevée sont les plus performants aux tests de FE.
- ❖ Les enfants allophones sont meilleurs aux tests de FE que les enfants monolingues.

La première hypothèse qui visait à lier **inhibition et performance au puzzle** a été vérifiée par le biais du TEGP. Ainsi, plus les élèves seront performants en inhibition, meilleurs ils seront au puzzle, ce qui peut être interprété de la manière suivante : « plus l'enfant est capable de se retenir de faire un mouvement de bras vers la mauvaise direction, plus il pourra se retenir de prendre une pièce qui n'est pas la bonne ». Toutefois, les phases 2 et 3 du TEGP mobilisent des compétences de MdT et de flexibilité, en lien avec l'impureté des tâches que nous avons déjà évoquée. Bien que ce test mesure principalement l'inhibition, nous avons une impureté de la tâche qui intervient surtout dans la partie 3, avec une intervention de la MdT. En effet, il existe une corrélation entre la MdT composite et les résultats au TEGP. De plus, la partie 3 du TEGP comporte deux demandes d'inhibition dans la même tâche : l'enfant ne doit pas toucher la partie du corps annoncée (comme dans les autres parties), mais en plus il ne doit plus toucher la partie du corps selon l'ancienne association (qui était en vigueur dans les parties 1 et 2). A cela s'ajoute que c'est un test relativement long, qui va entraîner une certaine fatigue cognitive, surtout si l'enfant atteint la partie 3. Or, cette partie est la plus complexe et va susciter davantage les FE.

Par ailleurs, l'inhibition était aussi mesurée par le Trail-P avec la planche perturbateur – fromage. Cependant, les résultats n'ont pas permis de mettre à jour une corrélation entre ce

test et la performance au puzzle. Ainsi, la capacité à ne pas relier les mauvaises cibles n'est pas prédictible du score au puzzle. Ce n'est pas parce qu'un enfant arrive à se retenir de toucher une mauvaise cible qu'il sera meilleur au puzzle. Ceci nous invite à nous intéresser aux limites de ce test. En effet, l'enfant doit déjà être capable de tenir son crayon, de réaliser un tracé, mais aussi de trier des éléments en fonction de leur taille, ce qui n'est pas encore acquis par tous les élèves, même pour des grandes sections. De plus, certaines difficultés étaient liées à la lecture de la planche par les élèves, qui se focalisent sur les éléments un à un, sans lecture globale. Ainsi, on peut se demander si ce test est vraiment adapté à cette classe d'âge pour mesurer l'inhibition.

La seconde hypothèse cherchait une corrélation entre **MdT** et **performance au puzzle**. Elle a été vérifiée avec la MdT composite qui a un effet prédictif sur le score au puzzle. Plus un enfant est performant aux épreuves de MdT, moins il mettra de temps pour résoudre le puzzle. Il est probable que plus l'enfant est capable de retenir des informations sur les pièces (comme la couleur, la forme ou encore le motif), plus il est capable de résoudre le puzzle rapidement. Nous pouvons supposer que l'enfant aura besoin de moins de temps puisqu'il sera capable de se souvenir que, si une pièce est verte, elle ira sûrement dans telle partie du puzzle qui représente la végétation par exemple. Ici, les élèves auraient donc mobilisé des compétences de MdT pour le stockage des informations, leur traitement et la manipulation. Néanmoins, lorsque nous observons les élèves en activité, nous pouvons nous interroger sur la possibilité d'une autre stratégie mobilisant peu la MdT. Certains enfants avaient tendance à piocher régulièrement les mêmes pièces sans parvenir à trouver les zones où elles devaient être placées, ce qui questionne la mémorisation dans sa dimension spatiale. Nous avons relevé des différences aux tests de MdT pouvant être liées au fait que certains enfants ont reçu l'explication du terme « à l'envers », ce qui a permis une meilleure compréhension de la consigne. De même, comme je l'ai détaillé dans la partie sur la méthodologie, pour les élèves allophones j'avais expliqué la signification des mots à répéter, ce qui a pu aussi amener des biais.

La troisième hypothèse, qui cherchait à lier **flexibilité** et **performance au puzzle**, a été vérifiée par les tests du DCCS et du Trail-P (fromage – souris). Ainsi, plus l'enfant est flexible, moins il met de temps pour réaliser le puzzle. La flexibilité mesurée au DCCS, ainsi que celle mesurée par le Trail-P, ont des processus cognitifs communs avec ceux qui sont mobilisés pour résoudre un puzzle. Néanmoins, ces tests ne mesurent pas la même flexibilité, ou du moins, les mêmes processus cognitifs permettant à l'individu d'être flexible. Le DCCS mesure une flexibilité plutôt conceptuelle où le sujet doit alterner entre deux règles de tri. Au

niveau de la résolution de puzzle, l'application de la double règle pourrait se traduire par le fait de chercher d'abord une pièce avec deux encoches, puis parmi les pièces correspondant à ce critère, chercher une pièce verte. Or, comme cela a déjà été énoncé par Garcia (2013), mais aussi Cordier et Pestel (1986), c'est généralement l'inverse. Le Trail-P mesure quant à lui une flexibilité attentionnelle qui rejoint l'idée du « switching », développée par Monette et Bigras (2008), où le sujet doit alterner successivement entre souris et fromages. Cela voudrait dire que, si l'enfant est à l'aise pour passer de la souris au fromage, il serait capable de passer de la couleur d'une partie du puzzle (par exemple la zone verte), à un motif particulier qui se présente à lui (comme l'œil d'un personnage), pour revenir à la couleur une fois cette pièce placée. Ceci pourrait se vérifier par un comptage du nombre de fois où une même pièce est saisie, puis reposée, sans avoir pu être placée. En effet, l'incapacité de l'enfant à délaisser une pièce qui ne conviendrait pas pourrait signifier un manque de flexibilité. La corrélation entre flexibilité et résolution de puzzle vient renforcer l'idée du rôle de cette FE dans la résolution de problème émise par Clément (2001), qui se traduit par la remise en question des représentations initiales, et un changement de procédure pour atteindre l'objectif.

D'autre part, nous pouvons revenir sur les tests utilisés ici car il n'existe pas de corrélation entre eux. Le Trail-P ressemble à de nombreuses tâches scolaires où les enfants doivent relier divers éléments. Il imite donc quelque chose de connu et ne perturbera pas les enfants : nous pouvons dire que c'est un test écologique. Toutefois, il est moins reconnu donc nous ne sommes pas sûrs de ce qu'il mesure. Le DCCS a quant à lui une faible validité écologique et la tâche est moins facile à amener. En revanche, nous savons avec précision ce qui est mesuré. En effet, ce test est très contraint et a une forte validité interne.

La quatrième hypothèse, qui cherchait à prouver le lien entre **CSP** et **performance aux FE**, a été validée pour l'inhibition et la MdT composite. Toutefois, notamment en ce qui concerne la MdT composite, ce sont les enfants de pères ouvriers qui réussissent le mieux. Ces résultats viennent donc contredire les propos de Ardila *et al.* (2005), cités par Chevalier (2010), selon lesquels les enfants issus de familles favorisées, et dont les parents ont un niveau d'études élevé, seraient ceux qui réussissent le mieux aux tests de FE. Sachant que nous avons relevé un effet de l'expérimentateur, les résultats pourraient s'expliquer par le fait que ce dernier aurait favorisé les résultats d'enfants d'ouvriers, en les aidant ou en les soutenant. Ceci pourrait aussi être lié au fait que les enfants issus de milieux modestes compenseraient par un surinvestissement pour réussir, avec l'image de l'école comme ascenseur social. Il serait intéressant de refaire ce test en veillant à une meilleure représentation, grâce à une meilleure répartition des enfants au sein des CSP des parents.

La dernière hypothèse visait à lier **bilinguisme** et **performance aux FE** par le biais des performances des élèves allophones. Nous avons pu mettre en évidence un effet tendanciellement significatif sur la MdT composite. Néanmoins, nous le considérons comme un résultat significatif car, avec davantage de participants, nous pensons qu'il le serait certainement. Ces résultats viennent corroborer les études menées à ce sujet et citées par Chevalier (2010) et Er-Rafiqi *et al.* (2017). En effet, les enfants allophones participant à cette étude obtiennent de meilleurs résultats que les élèves monolingues au tests de FE. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les enfants allophones, et par extension bilingues, possèdent deux registres de langues différentes. Leur mémoire contiendrait donc du vocabulaire dans deux langues différentes, ce qui représente une grande quantité d'informations. D'après Chevalier (2010), lorsqu'ils participent à une discussion, ces enfants doivent exercer un certain contrôle pour inhiber le mot dans la langue non pertinente. Nous pouvons supposer que cela va solliciter davantage la MdT pour le traitement des informations, que chez un enfant monolingue. Nous pourrions également penser que les enfants issus de familles allophones s'investiraient davantage pour réussir, et montrer qu'une langue différente n'empêche pas d'avoir de bons résultats. Cette vision est à mettre en lien avec la culture dans laquelle ces enfants évoluent et qui, d'après les études citées plus haut, semble avoir une certaine importance dans les performances aux tests de FE. Il faut tout de même noter que nous n'avons pas obtenu de corrélation pour l'inhibition, contrairement à ce que nous aurions pu penser au regard des différentes lectures. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'ici, le public était composé essentiellement d'enfants allophones, et non complètement bilingues. Ils ne possèdent donc pas encore un vocabulaire très conséquent en français. Ce manque pourrait impacter la compréhension de consignes, et donc les performances. Par ailleurs, il est important de tenir compte de la culture du sujet vis-à-vis de l'outil que l'on utilise. En effet, comme l'a énoncé Er-Rafiqi *et al.* (2017), « la validité d'un outil utilisé à travers le mode dépend de la culture dans laquelle il s'inscrit » (p.32). Il est nécessaire d'être prudent avec des tests qui ne mobiliseraient pas d'aptitudes verbales, et que nous pourrions considérer de ce fait, comme adaptables à différents pays. Pour cette étude, il serait intéressant de refaire les tests auprès d'élèves bilingues, en tenant compte de la culture des participants.

5.2. Apport du mémoire au regard des perspectives professionnelles

La recherche et les analyses effectuées au cours de ce travail nous ont permis de lier les différentes FE à la résolution de puzzles, ce qui est intéressant d'autant plus que les

puzzles sont très présents en classe, et appartiennent à la résolution de problèmes. Ceci renforce mon idée de progression, avec des niveaux basés sur le nombre et la forme des pièces, au travers d'un livret qui s'étend sur plusieurs périodes. Cette étude m'a permis de constater l'importance de tenir compte des motifs et couleurs présents sur les pièces dans les critères. La posture de chercheur que nous avons dû adopter nous a permis de questionner certaines de nos pratiques, mais aussi d'observer nos élèves avec un autre regard. N'étant pas dans une posture d'enseignement mais d'observateur, nous ne pouvions pas aider nos élèves. Ainsi, nous avons pu identifier plus précisément quelles étaient leurs difficultés, leurs procédures dans des tâches ciblées. Je pense que cette posture, bien que déstabilisante, est un atout pour un enseignant dans l'évaluation des compétences des élèves, mais aussi pour analyser sa propre pratique.

Ce travail nous a montré l'importance du lien entre la recherche et le terrain. En effet, lors de discussions en groupe de mémoire, nous avons pu souligner le fait que certains tests (comme celui sur l'empan de mots inverses), ne pouvaient pas être abordés de la même manière avec des enfants dont le français est la langue maternelle, qu'avec des enfants allophones. C'est la pratique de classe qui a permis de soulever la nécessité de travailler au préalable le vocabulaire, afin que ces élèves aient les mêmes chances de réussite que les autres. De même, pour le test du TEGP, c'est la pratique de classe qui permet de justifier un travail préalable sur le schéma corporel, afin de s'assurer que les erreurs ne soient liées qu'à un déficit d'inhibition, et non pas à des difficultés de vocabulaire.

La recherche permet quant à elle d'expliquer, et d'apporter des réponses à des questions que l'on se pose sur le terrain, et qui vont par la suite, influencer la pratique de classe. Ainsi, nous avons pu voir que les FE avaient un impact sur les apprentissages, et donc sur la réussite scolaire. En tant qu'enseignant, il est important de proposer des activités favorisant leur développement afin qu'à leur tour, elles stimulent les apprentissages. De plus, grâce à cette étude, j'ai pu me rendre compte que certaines difficultés apparentes, comme un manque d'attention, pouvaient avoir une cause plus profonde (un déficit de MdT par exemple). En tant qu'enseignante, je pourrais mettre en place des pistes au sein de la classe pour aider ces élèves : par exemple, créer un affichage avec les tâches à réaliser en rentrant en classe, proposer des supports adaptés, des aide-mémoire, etc.

Par ailleurs, mieux connaître ces habiletés pourrait permettre de repérer certains manques, mais aussi faciliter l'inclusion d'élèves DYS.

En outre, nous avons pu voir que le développement des FE était fortement influencé par le milieu social et culturel dans lequel baignent les enfants. Bien connaître ses élèves permet de savoir dans quel milieu ils évoluent, où ils en sont, et quelles sont leurs difficultés. Par exemple, certains élèves peuvent être très bons aux puzzles simplement parce qu'ils en font beaucoup à la maison, mais avoir des difficultés concernant les FE dont le développement semble fortement lié au milieu social, et donc soumis aux inégalités. Les différentes lectures que j'ai pu mener à ce sujet m'ont amenée à me questionner. En effet, les FE semblent étroitement liées aux apprentissages et donc à la réussite scolaire. Or nous savons, notamment au travers des tests PISA, que la France est l'un des pays où les inégalités scolaires sont les plus fortes, et où les inégalités sociales impactent le plus la réussite scolaire. Alors, serait-il possible que ces inégalités scolaires puissent déjà s'expliquer, en tout ou partie, par l'impact des inégalités sociales et culturelles sur le développement des FE ?

Conclusion

Cette étude nous a permis de montrer que les fonctions exécutives, et donc les capacités en inhibition, mémoire de travail et flexibilité sont prédictives des résultats au puzzle. Puisque les performances aux tests de FE sont corrélées aux performances en résolution de puzzle, nous pouvons donc affirmer que la résolution de puzzle favorise le développement de ces compétences exécutives. Nous avons pu aussi valider que le milieu social, mesuré par le biais de la CSP des parents (ici du père), avait un impact sur les performances aux tests de FE, tout comme le bilinguisme étudié par le biais des élèves allophones. Ainsi, ces influences de l'environnement semblent avoir un effet prédictif sur le développement des fonctions exécutives chez les enfants.

Il est important que l'enseignant stimule le développement des fonctions exécutives chez les élèves puisque celles-ci apparaissent comme très importantes dans l'acquisition des compétences scolaires et, par conséquent dans les apprentissages, mais aussi au niveau social.

Bibliographie

- ❖ Centre de transfert pour la réussite éducative du Québec (2018). Continuum du développement des fonctions exécutives de la petite enfance à l'âge adulte. Québec : CTREQ.
- ❖ Chevalier, N. (2010). Les fonctions exécutives chez l'enfant : Concepts et développement. *Canadian Psychology / Psychologie Canadienne*, 51 (3), pp. 149-159.
- ❖ Clément, E. (2001). Etude des différences de flexibilité mentale dans l'activité de résolution de problèmes. *Questions de psychologie différentielle*, pp. 317-322).
- ❖ Cordier et Pestel (1986). Le puzzle : étude expérimentale d'un jeu à embarrasser. *Enfance*, 39, (4), pp. 445-451.
- ❖ Desmette, Hupet, Schelstraete, Van der Linden (1995). Adaptation en langue française du « Reading Span Test » de Daneman et Carpenter (1980). *L'année psychologique*, 95 (3), pp. 459-482.
- ❖ Duval, Bourchard et Pagé (2017). Le développement des fonctions exécutives chez les enfants. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 37, pp. 121-137.
- ❖ Er-Rafiqi, Roukoz, Le Gall et Roy (2017). Les fonctions exécutives chez l'enfant : développement, influences culturelles et perspectives cliniques. *Revue de psychologie*, 9 (1), pp. 27-34.
- ❖ Fondation La main à la pâte (2015). Les fonctions exécutives : des fonctions nécessaires pour l'exécution des tâches complexes, non routinières, complexes. Repéré à : <https://www.fondation-lamap.org/fr/page/25343/les-fonctions-executives-des-fonctions-necessaires-pour-lexecution-des-taches-complexes> le 12/04/2020.

- ❖ Garcia, A.C. (2013). Explorers, Detectives, Matchmakers, and Lions Tamers : Understanding Jigsaw Puzzler’s Techniques and Motivations. *American Journal of Play*, 5, (3), pp. 308-332.

- ❖ Guyard C (2017). La pédagogie par situation-problème. Repéré à : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01617468/document> le 16/04/2020.

- ❖ INSEE (2017). Nomenclature des professions et catégories socioprofessionnelles. Repéré à : <https://www.insee.fr/fr/information/2406153> le 11/04/2020.

- ❖ MENESR (2015). Programme d’enseignement de l’école maternelle. Repéré à : http://cache.media.education.gouv.fr/file/MEN_SPE_2/37/8/ensel4759_arrete-annexe_prog_ecole_maternelle_403378.pdf le 01/04/2020.

- ❖ Monette et Bigras (2008). La mesure des fonctions exécutives chez les enfants d’âge préscolaire. *Canadian Psychology / Psychologie Canadienne*, 49 (4), pp. 323-341.

- ❖ Petit Laurent (2006). Neuroimagerie fonctionnelle de la mémoire. *La mémoire. Presses universitaires de France*, pp. 28-32.

- ❖ Petit Laurent (2006). Neuroimagerie fonctionnelle de la mémoire. *La mémoire. Presses universitaires de France*, pp. 84-88.

- ❖ Puzzle Bois (2018). Les origines du puzzle. Repéré à : <https://www.puzzle-bois.fr/histoire/63--les-origines-du-puzzle> le 12/04/2020.

- ❖ Slama et Schmitz (2016). Fonctions attentionnelles et exécutives dans le TDAH. In Manuel Bouvard (Eds) *Trouble Déficit de l'Attention avec ou sans Hyperactivité de l'enfant à l'adulte*. pp. 110-130. Dunod.

- ❖ Tous à l’école – INSHEA (2020). Troubles des fonctions exécutives. Repéré à : <http://www.tousalecole.fr/content/troubles-des-fonctions-executives> le 03/04/2020.



Annexe 3 – Planche de nounours utilisée pour le travail de métacognition.

Numéro de CSP	Intitulé de la CSP
1	AGRICULTEUR EXPLOITANT
2	ARTISANS, COMMERÇANTS ET CHEFS D'ENTREPRISES
3	CADRES ET PROFESSIONS INTELLECTUELLES SUPÉRIEURES
4	PROFESSIONS INTERMÉDIAIRES
5	EMPLOYÉS
6	OUVRIERS
7	RETRAITÉS
8	AUTRES PERSONNES SANS ACTIVITÉ PROFESSIONNELLE

Annexe 4 – Tableau de correspondances des catégories socioprofessionnelles

Année universitaire 2019-2020

Master 2 Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation

Mention Premier degré

Titre du mémoire : **Contrôler ses comportements et ses cognitions facilite-t-il la réalisation d'un puzzle ?**

Auteur : Aude CHATELLET

Résumé : Les puzzles sont très présents dans les classes de maternelle, mais nous perdons souvent de vue leur aspect de résolution de problèmes. En effet, les puzzles sont généralement perçus comme des activités récréatives. Néanmoins, les nouveaux programmes réaffirment leur place, dans les classes, et dans les apprentissages. Résoudre un puzzle mobilise des habiletés cognitives complexes, appelées fonctions exécutives. Cette étude vise à démontrer le lien entre ces habiletés de haut niveau comme l'inhibition, la flexibilité ou encore la mémoire de travail et les performances en résolution de puzzles. Elle s'intéresse également au développement des fonctions exécutives et aux différents facteurs qui peuvent influencer leur évolution, tels que le milieu social ou encore le bilinguisme. L'expérimentation menée dans le cadre de cette étude a été conduite auprès d'enfants âgés de 3 à 6 ans, scolarisés en classe de maternelle.

Mots clés : puzzle, fonctions exécutives, résolution de problèmes, école maternelle, développement des fonctions exécutives chez l'enfant.

Summary: Jigsaw puzzles are very popular in nursery school, but we often forget about the problem-solving aspect of them. In general, puzzles are seen as a recreational activity. Nevertheless, the new programs are reaffirming their place in the classroom and in learning. Solving a puzzle involves complex cognitive skills called executive functions. This study aims to demonstrate the link between these high-level skills like inhibition, flexibility and working memory and puzzle-solving performance. It is also interested by the development of executive functions and the various factors that can impact their evolution, such as the social environment and bilingualism. The experiment conducted in this research was carried out with children aged 3 to 6 years old, enrolled in kindergarten classes.

Keywords: Jigsaw puzzle, executive functions, problem solving, nursery school, development of executive functions in children.