



HAL
open science

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

Mathilde Vesin

► **To cite this version:**

Mathilde Vesin. Contrôler ses comportements et ses cognitions facilite-t-il la réalisation d'un puzzle ?. Education. 2020. dumas-03121488

HAL Id: dumas-03121488

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03121488>

Submitted on 26 Jan 2021

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 Mathilde VESIN

Mémoire de M2 encadré par Jérôme CLERC

Sommaire

Introduction	1
1. Les fonctions exécutives et les puzzles	2
1.1. Les fonctions exécutives	2
1.1.1. Définitions des fonctions exécutives	2
1.1.2. Le développement des fonctions exécutives	3
1.1.3. Les facteurs influençant le développement des fonctions exécutives	5
1.1.4. L'implication des fonctions exécutives dans le milieu scolaire	6
1.2. Les puzzles	8
1.2.1. Définition et historique des puzzles	8
1.2.2. Les stratégies de résolution	9
1.2.3. Les intérêts cognitifs du puzzle	11
1.2.4. Les puzzles dans le milieu scolaire	12
1.3. Les liens entre les fonctions exécutives et les puzzles	13
2. Problématique	14
3. Méthode	15
3.1. Les participants	15
3.2. La procédure d'ensemble	15
3.3. Les tests et le matériel utilisés	15
3.3.1. Le TEGP ou « Tête - Épaules - Genoux - Pieds »	16
3.3.2. Le DCCS ou « Dimensional Change Card Sort »	17
3.3.3. Le test de tracé de pistes Trail-P	19
3.3.4. Les tâches d'empan mnésique inversé	20
3.3.5. Le puzzle	22
4. Résultats	23
4.1. Analyses préliminaires	23
4.2. Analyses de régression	24
4.2.1. Effets prédicteurs des scores d'inhibition sur le temps au puzzle	25
4.2.2. Effets prédicteurs des scores de MDT sur le temps au puzzle	26
4.2.1. Effets prédicteurs des scores de flexibilité sur le temps au puzzle	26

5. Discussion	28
5.1. Discussion des résultats	28
5.2. Apports professionnels	31
Conclusion	34
Bibliographie	35

Introduction

Les fonctions exécutives sont utilisées quotidiennement dans de multiples activités, notamment les situations nouvelles et complexes. Elles apparaissent très tôt et continuent de se développer jusqu'à l'âge adulte. Certaines recherches indiquent que les fonctions exécutives jouent un rôle central dans le développement cognitif et social ainsi que dans la réussite scolaire des enfants, puisqu'elles prennent part à l'ensemble des domaines d'apprentissage : langage, littérature, mathématiques, interactions sociales, etc. Ainsi, déceler au plus vite et précisément un déficit dans les fonctions exécutives permettrait de mieux comprendre les difficultés des élèves et de les accompagner dans leur parcours scolaire.

Le puzzle est une activité de résolution de problème pour laquelle un individu ne dispose pas de réponse automatique et immédiate. Elle met donc en jeu les différentes composantes des fonctions exécutives. Cependant, malgré les nombreuses études scientifiques s'intéressant aux fonctions exécutives, aucun lien n'a été décelé, à ce jour, entre les différentes composantes que sont l'inhibition, la mémoire de travail et la flexibilité, et la vitesse de résolution d'un puzzle. Partant de ce constat, nous avons mené une étude visant à observer les liens entre les fonctions exécutives et la résolution d'un puzzle à partir de tests menés sur des élèves de classes de maternelle.

Dans un premier temps, nous définirons les fonctions exécutives et expliquerons l'activité de résolution de puzzles chez les enfants de maternelle et dans le cadre scolaire, informations sur lesquelles s'appuient nos hypothèses. Ensuite, nous préciserons la méthode employée pour vérifier nos hypothèses et présenterons les résultats obtenus aux différents tests. Enfin, nous analyserons ces résultats au regard de nos hypothèses et discuterons des apports de cette étude dans le cadre de notre profession.

1. Les fonctions exécutives et les puzzles

1.1. Les fonctions exécutives

1.1.1. Définitions des fonctions exécutives

Il existe, dans la littérature scientifique actuelle, de multiples définitions concernant les fonctions exécutives (FE).

D'une part, Miyake *et al.* (2000) définissent « 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 » (cités par Chevalier, 2010, p.149).

D'autre part, selon Seron, Van Der Linden, et Andres (1999), elles consistent en un « ensemble de processus dont la fonction principale est de faciliter l'adaptation du sujet à des situations nouvelles, notamment lorsque les routines d'actions, c'est à dire des habiletés cognitives surappries, ne peuvent suffire » (cités par Monette et Bigras, 2008, p.323).

Nous pouvons donc définir les fonctions exécutives comme un ensemble de processus cognitifs qui permettent à l'individu d'adapter et de contrôler ses réponses dans des situations et des tâches qui l'exigent. Ces situations nouvelles sollicitent ainsi davantage de ressources cognitives pour atteindre le but que les situations usuelles pour lesquelles une réponse automatique ou apprise existe déjà.

Jadis considérées comme une seule entité, la communauté scientifique s'accorde aujourd'hui sur le fait que les fonctions exécutives se divisent en plusieurs composantes qui interagissent étroitement les unes avec les autres. Ici encore, les composantes qui sous-tendent les FE varient selon les modèles théoriques. Le modèle de Miyake *et al.* (2000) est cité en référence dans de nombreux articles. Selon Fourneret et Des Portes (2017), il décrit trois composantes principales aux fonctions exécutives : l'inhibition, la mémoire de travail et la flexibilité.

• L'inhibition

Monette et Bigras (2008) définissent l'inhibition comme une capacité permettant de retenir une réponse prédominante, d'interrompre une réponse en cours pour la modifier et de contrôler les interférences.

L'inhibition agit donc dans deux types de situations. D'une part, elle permet de bloquer les réponses prépondérantes mais inadaptées par rapport au but recherché. Ce sont

majoritairement des réponses automatiques, surapprises ou bien rendues saillantes par l'environnement (Chevalier, 2010). Et lorsqu'elle intervient plus tardivement, c'est l'inhibition qui permet à l'individu de se corriger en stoppant la réponse en cours en faveur d'une réponse plus appropriée. D'autre part, l'inhibition favorise la résistance aux interférences. En effet, elle bloque les informations extérieures non pertinentes avant qu'elles n'entrent en mémoire ou bien les informations qui étaient pertinentes, mais ne le sont plus, principalement dans des situations de flexibilité (Chevalier, 2010).

- **La mémoire de travail**

La mémoire de travail (MdT) est « un système dévolu au maintien et au traitement simultanés d'informations utiles à la réalisation d'activités cognitives complexes » (Chevalier, 2010). Elle permet de conserver temporairement des informations en mémoire en stockant les informations visuospatiales dans le calepin visuospatial et les informations verbales dans la boucle phonologique (Baddeley et Hitch, 1974, cités par Chevalier, 2010, p.150). Une fois mises en mémoire, l'individu peut manipuler et modifier ces informations pertinentes par rapport au but à atteindre et supprimer les informations superflues.

- **La flexibilité**

La flexibilité mentale est définie comme « la capacité à alterner dynamiquement entre différentes tâches, différentes opérations ou différents registres mentaux » (Monette et Bigras, 2008, p.325). Ainsi, l'individu ne persévère pas dans une tâche lorsque celle-ci n'est plus utile. Grâce à la flexibilité, il peut donc s'adapter aux modifications de son environnement ou du but à atteindre.

Les différentes composantes des fonctions exécutives sont fortement liées les unes aux autres et interagissent fortement entre elles. Cependant, elles évoluent chacune selon un rythme différent, des premiers mois de vie jusqu'à l'âge adulte.

1.1.2. Le développement des fonctions exécutives

En 2010, Chevalier détaille les multiples difficultés méthodologiques concernant l'étude des fonctions exécutives. Il explique, par exemple, qu'il est difficile de différencier les FE à cause de l'impureté des tâches. En effet, les épreuves mobilisent rarement un seul processus cognitif

à la fois, même lorsqu'elles sont simplifiées le plus possible. Il explique également que la plupart des épreuves ne sont pas adaptées à toutes les tranches d'âge, ce qui entraîne des difficultés pour étudier l'évolution des fonctions exécutives.

Il existe plusieurs études visant à observer et expliquer le développement des fonctions exécutives et de leurs composantes. Il semble que les composantes des fonctions exécutives sont fortement interconnectées chez les jeunes enfants et qu'au cours du développement de l'individu, elles tendent à se différencier les unes des autres.

En 2017, Fournernet et Des Portes regroupent différents travaux et proposent un état des lieux des connaissances autour du développement des différentes composantes des FE.

- **L'inhibition :**

D'après Fournernet et Des Portes (2017), lors des dix-huit premiers mois de la vie d'un enfant, une inhibition primaire se crée. Celle-ci lui permet essentiellement d'orienter son attention. Elle sert de base à des processus d'inhibition plus complexes qui se développent jusqu'à l'âge de 3-4 ans et permettent à l'enfant de s'engager dans des tâches de plus en plus poussées.

Ensuite, ces processus se complexifient et décuplent intensivement les capacités d'inhibition des enfants entre 5 et 8 ans.

Enfin, ces capacités évoluent plus doucement jusqu'à avoisiner celles des adultes vers 17 ans.

- **La mémoire de travail :**

Contrairement aux capacités d'inhibition, il existe « une progression plus linéaire de [la capacité de mémoire de travail] au cours du développement, de l'âge de 4 ans jusqu'à l'adolescence » (Fournernet et Des Portes, 2017, p.68).

- **La flexibilité :**

Entre 3 et 17 ans, les capacités en termes de flexibilité mentale observent un développement continu et progressif. Best et Miller ont constaté, en 2010, que dès l'adolescence les capacités de flexibilité sont semblables à celles des adultes (cités par Fournernet et Des Portes, 2017, p.69). Davidson *et al.* (2006) ont, quant à eux, déterminé qu'avec l'âge, les individus sont moins rapides dans les tâches liées à la flexibilité mais cela implique qu'ils deviennent d'autant plus fins et précis (cités par Fournernet et Des Portes, 2017, p.69).

Ainsi, les différentes composantes des fonctions exécutives évoluent différemment de la petite enfance jusqu'à l'âge adulte et certains facteurs peuvent influencer leur développement d'un individu à l'autre.

1.1.3. Les facteurs influençant le développement des fonctions exécutives

Différents facteurs peuvent influencer le développement des fonctions exécutives. Selon Duval, Bouchard et Pagé (2017), qui recensent de nombreux écrits, il existe trois types de facteurs : ceux propres à l'individu, ceux liés à l'environnement familial et ceux en lien avec l'environnement scolaire.

• Les facteurs liés à l'enfant

Il existe des différences interindividuelles dans le développement des fonctions exécutives d'origine génétique et biologique. En ce sens, l'étude de Polderman *et al.* (2006) révèle la part importante des gènes dans le développement des FE puisque « l'héritabilité explique 50 % des variations dans les habiletés liées au fonctionnement exécutif, tant à 5 ans qu'à l'âge de 12 ans » (cités par Duval *et al.*, 2017, p.124).

En outre, « le développement des fonctions exécutives semble intrinsèquement lié à la maturation du cortex préfrontal » (Chevalier, 2010, p.155) qui dépend elle-même de facteurs biologiques, dont l'âge et le sexe. En effet, les travaux de Diamond *et al.* (1997) et de Zelazo *et al.* (2003) abondent en ce sens. Ils corrént les différences d'habiletés cognitives avec le développement du cortex préfrontal (CPF) en fonction de l'âge des enfants (cités par Duval *et al.*, 2017, p.124). Par ailleurs, la maturation du CPF serait également liée au sexe de l'enfant avec un décalage de deux ans en faveur des filles (Fournieret et Des Portes, 2017).

• Les facteurs familiaux

Le cerveau des individus s'adapte en fonction des sollicitations de l'environnement dans lequel il évolue. Les jeunes enfants passant beaucoup de temps dans le cadre familial, il en devient d'autant plus important. Les études sur les facteurs familiaux prennent en compte deux aspects : le statut socioéconomique et le cadre familial. D'une part, plus le milieu social et le niveau d'études des parents sont élevés, plus les capacités exécutives des enfants seront élevées par rapport aux enfants de milieux plus modestes (Adrila *et al.* 2005 ; Bernier *et al.*, 2012 ; Noble, Norman, & Farah, 2005, cités par Duval *et al.*, 2017, p.125). D'autre part, des

« attitudes parentales comme la chaleur, la sensibilité et une discipline douce et non-coercitive sont liées à un attachement parent-enfant sécurisant et réciproque, en plus d'être associées à de meilleures FE chez l'enfant âgé de 3 ans » (Bernier *et al.*, 2012, cités par Duval *et al.*, 2017, p.125). Ainsi, la qualité des échanges avec l'enfant et un cadre familial accueillant constituent un environnement plus favorable au développement des fonctions exécutives.

- **Les facteurs scolaires**

À l'instar des effets de l'environnement familial, Duval *et al.* (2017) supposent que l'environnement scolaire a également une influence sur le développement des FE.

Certains projets, comme le *Chicago School Readiness* aux États-Unis, montrent que le climat de classe influence les habiletés liées aux fonctions exécutives (cités par Duval *et al.*, 2017, p.127). Plus les enfants évoluent dans un environnement serein avec une organisation spatiale et temporelle lisible, des règles cohérentes et une part d'autonomie, plus ils seront à même de développer leurs capacités cognitives liées aux FE.

Aussi, lorsque l'enseignant est attentif aux besoins de ses élèves, qu'il interagit avec eux en les questionnant et en les encourageant, il contribue à renforcer les capacités de ses élèves dans les différentes fonctions exécutives (Duval *et al.*, 2017).

Ces effets s'expliquent parce que l'accompagnement de l'enseignant et le climat de classe serein constituent un soutien émotionnel pour les enfants. Moins stressés, ils gèrent mieux leurs émotions et leurs comportements grâce au cortex préfrontal et développent les habiletés liées aux FE (Duval *et al.*, 2017).

Si l'environnement scolaire peut influencer le développement des fonctions exécutives, le niveau des fonctions exécutives, quant à lui, conditionne la réussite scolaire des enfants.

1.1.4. L'implication des fonctions exécutives dans le milieu scolaire

Les fonctions exécutives participent au développement des différentes habiletés cognitives, qu'elles soient liées aux interactions sociales, au langage oral et écrit ou aux mathématiques (CTREQ, 2018). C'est pourquoi Diamond (2016) considère qu'elles « représentent une des assises sur laquelle repose la réussite éducative » (cité par Duval *et al.*, 2017, p.121). Chaque composante aide l'enfant à s'adapter et à se contrôler dans le milieu scolaire.

- **L'inhibition**

L'inhibition prend une place importante dans la gestion du comportement de l'enfant dans le cadre scolaire. En effet, elle permet à l'enfant d'appliquer les règles et de se contrôler en inhibant les comportements inappropriés en faveur des actions exigées par le contexte scolaire (Duval *et al.*, 2017). Grâce à ses capacités d'inhibition, l'enfant est donc capable de se retenir de courir en classe ou de bavarder avec son voisin mais aussi de rester assis à sa place et de lever la main pour demander la parole. L'inhibition favorise aussi à la résistance aux interférences. Elle permet donc aux élèves d'ignorer les stimuli visuels et auditifs alentours afin de se concentrer sur leur travail.

Les capacités d'inhibition auraient également une plus grande influence sur les compétences des enfants concernant la conscience phonologique, la reconnaissance des lettres ou encore en mathématiques, selon le CTREQ (2018).

- **La mémoire de travail**

La mémoire de travail est grandement mobilisée dans les activités scolaires puisqu'elle permet de mémoriser une information afin de la modifier ou de la restituer dans un autre contexte. Elle est utilisée dans les différentes matières car elle permet, par exemple, de relier et d'assembler diverses informations issues d'un texte avec celles issues de la mémoire à long terme afin de comprendre un texte et ses inférences. Elle permet également de suivre un raisonnement comme pour effectuer un calcul mental ou retrouver l'orthographe d'un mot.

- **La flexibilité**

La flexibilité mentale est la fonction exécutive qui permet à l'enfant de basculer entre différentes tâches. Elle « permet donc de désengager son attention vis-à-vis d'une tâche, afin de s'engager dans une nouvelle situation, en fonction des exigences de cette dernière » (Duval *et al.* 2017, p.122). Ainsi, dans le contexte scolaire, la flexibilité est utilisée à chaque changement de matière et/ou à chaque changement d'activité. Par exemple, lorsqu'il est demandé à l'élève de chercher le périmètre d'un carré, il fait appel à certaines informations pour appliquer la bonne formule mais il devra ensuite les inhiber pour déterminer l'aire.

1.2. Les puzzles

1.2.1. Définition et historique des puzzles

Pour les historiens, il est assez difficile de déterminer l'origine exacte du puzzle car elle fait l'objet de nombreuses polémiques. Toutefois, l'hypothèse la plus probable attribuerait son invention à un cartographe britannique. Dans les années 1760, John Spilsbury souhaitait faciliter l'apprentissage de la géographie. Pour ce faire, il colla des cartes sur des planches de bois et les découpa en suivant les frontières des pays et des mers. Ce procédé aurait donné son nom anglais au jeu, « jigsaw puzzle », dont les français n'ont gardé que la fin, « puzzle », pour désigner ce jeu, alors que les québécois utilisent la traduction « casse-tête ».

Cette invention conserve longtemps son aspect éducatif et prend peu à peu place dans les écoles françaises dès les années 1880. Puis, l'industrialisation et la découverte du carton, dans les années 1930, entraînent une forte baisse des coûts de fabrication et la démocratisation des puzzles pour le grand public, que ce soit avec un aspect pédagogique ou ludique. En 1990, les puzzles évoluent encore avec l'invention des puzzles en trois dimensions permettant de construire par exemple un globe terrestre ou un monument célèbre. Enfin, l'essor du numérique favorise aujourd'hui l'accès à une multitude de puzzles dématérialisés dont on ne peut plus perdre les pièces.

Aujourd'hui, le dictionnaire Larousse définit le puzzle comme un « jeu de patience, composé d'un grand nombre de fragments découpés qu'il faut rassembler pour reproduire un sujet complet ». Le joueur dispose d'un nombre précis de pièces à assembler les unes aux autres pour former une image ou un objet. Chaque pièce dispose d'une découpe unique afin de l'emboîter, sans forcer, avec les pièces voisines. Ce système permet un retour immédiat : si une pièce s'assemble avec les autres, elle est au bon endroit, sinon, elle correspond à une autre partie du puzzle. Le niveau de difficulté diffère d'un puzzle à un autre. Il dépend notamment des caractéristiques des pièces : leur nombre, leur taille, leur forme et les informations visuelles qu'elles présentent. Il dépend également de la taille finale du puzzle et de l'image qu'il représente. Plus celle-ci sera composée d'éléments variés et distincts, plus les pièces seront faciles à placer les unes par rapport aux autres. Enfin, lorsqu'un modèle est disponible, il est plus aisé d'assembler les pièces et ce d'autant plus si le modèle est à l'échelle.

Plus le nombre de pièces augmente, plus ce jeu sollicite des qualités de concentration, de patience et d'assiduité chez les joueurs. Cela pousse également les joueurs à établir des stratégies facilitant la résolution.

1.2.2. Les stratégies de résolution

La résolution complète d'un puzzle est rarement due au hasard, les joueurs établissent souvent des stratégies de résolution présentées par Garcia en 2013. Ces diverses stratégies dépendent majoritairement de ce qui les motive. Elles s'articulent autour de trois éléments : l'utilisation de l'image modèle, la gestion des pièces et le tri des pièces.

- ▶ **L'image modèle** sur la boîte apporte beaucoup d'indices permettant de placer les pièces sur le puzzle. Une stratégie consiste donc à utiliser fréquemment l'image afin de placer chaque pièce en ayant préalablement repéré sa position sur le modèle. Mais certains joueurs considèrent qu'utiliser le modèle s'apparente à de la triche ou simplifie trop la tâche et préfèrent l'utiliser le moins possible. Ces joueurs aiment souvent découvrir l'image au fur et à mesure de la construction du puzzle. Enfin, une dernière stratégie consiste à ne se référer au modèle qu'en cas de blocage.
- ▶ **La gestion des pièces** varie également selon plusieurs stratégies. Certains préfèrent, par exemple, étaler l'ensemble des pièces sur la table. Ce faisant, ils peuvent ensuite retourner toutes les pièces et avoir une vision d'ensemble. Cela leur donne également la possibilité de trier les pièces. D'autres joueurs, en revanche, laissent les pièces dans leur boîte et ne sortent que les pièces qui correspondent à la partie qu'ils ont choisie.
- ▶ **Les modalités de tri** des pièces sont une part importante de la réalisation d'un puzzle. La stratégie la plus courante consiste à repérer d'abord les quatre angles puis les pièces appartenant aux bords. Elle permet de construire le cadre du puzzle et d'apprécier la taille finale du puzzle. Ensuite, la majorité des joueurs assemble les pièces grâce au dessin donc ils trient majoritairement les pièces en fonction de leur motif avant de les trier par forme. Certains préfèrent trier les pièces selon leur couleur et leur nuance, quand d'autres regrouperont les pièces selon les détails de l'image. Lorsque l'image ne suffit plus, les joueurs trient les pièces selon leur forme en se focalisant sur le nombre de saillies et d'encoches et leur disposition.

Cette préférence pour l'utilisation des indices liés au dessin par rapport aux indices de forme est également observée pour des enfants de 6 à 8 ans dans l'étude de Cordier et Pestel de 1986. Elles expliquent ce phénomène par l'entraînement précoce et intensif des enfants pour décrypter et exploiter les indices liés au dessin. Elles avancent également qu'avant l'âge de 5 ans, il est particulièrement difficile pour les enfants de distinguer les pleins et les creux sur les pièces, rendant d'autant plus difficile le repérage de pièce en fonction de leur contour.

De ce constat découlent trois stratégies de positionnement des pièces majoritairement observées chez les jeunes enfants :

- ▶ La **stratégie aléatoire** consiste à sélectionner une pièce au hasard et à tenter de l'assembler avec une autre, sélectionnée également au hasard. Le joueur ne prête donc aucune attention aux indices liés au dessin ou à la forme. Ce processus de résolution est considéré comme le moins efficace car il est très chronophage et amène régulièrement à l'abandon pur et simple de la construction.
- ▶ La **stratégie figurative** se base essentiellement sur les aspects figuratifs et non sur les caractéristiques de forme des pièces. Le joueur est d'abord attiré par les détails du dessin, souvent situés au centre, qu'il assemble les uns avec les autres. Petit-à-petit, il construit l'image qui s'étend jusqu'aux bords. Cette stratégie est fréquente chez les enfants d'âge préscolaire pour qui il est encore difficile de repérer les caractéristiques de formes sur les pièces, comme le signalent Cordier et Pestel (1986).
- ▶ La **stratégie structurante** est considérée comme la stratégie la plus efficace car la moins coûteuse en temps. Elle consiste à placer les angles en premier, puis les bords, afin de réaliser le cadre du puzzle. Cela suppose que l'enfant a appris à repérer une caractéristique de forme bien précise sur les pièces : le « bord droit ». Le joueur construit ensuite l'image à l'intérieur du cadre. Il peut utiliser aussi bien les caractéristiques liées au dessin que celles liées à la forme.

Outre la stratégie employée, les puzzles nécessitent des compétences spécifiques pour être réalisés entièrement.

1.2.3. Les intérêts cognitifs du puzzle

Plusieurs compétences sont mises en jeu et développées lors de la réalisation d'un puzzle :

- **La perception visuelle :**

Le but d'un puzzle étant de reconstituer une image à partir de fragments, il faut repérer les détails visuels qui permettent de différencier les pièces et leur position. Ce sont aussi bien des indices figuratifs liés à l'image (couleur, détail reconnaissable) que des indices liés à la forme de la pièce (découpe, nombre d'encoches et de saillies, bord) qui permettent de sélectionner la bonne pièce (Cordier et Pestel, 1986).

- **Le repérage dans l'espace :**

Une fois la pièce désirée sélectionnée, il faut la placer par rapport aux autres. Cela implique de faire appel à des compétences de repérage dans l'espace pour situer et orienter correctement la pièce dans l'image.

- **La motricité fine :**

Rechercher et placer les pièces du puzzle mobilise également des compétences motrices. En effet, lors de la phase de recherche, il est parfois nécessaire de retourner et déplacer des pièces. Ensuite, après avoir identifié la pièce, il faut la saisir et la manipuler pour la positionner. Ces actions nécessitent donc une grande précision motrice.

- **La logique :**

Le puzzle est « une activité logique [...] et qui doit être menée de façon rationnelle pour aboutir » (Cordier et Pestel, 1986, p.446). Ce sont effectivement les capacités de logique qui permettent de faire des choix en fonction des informations visuelles et des buts à atteindre. De ces capacités logiques découlent des stratégies de résolution qui varient et sont plus ou moins efficaces selon les individus.

Cordier et Pestel (1986) résumant les effets bénéfiques de la résolution fréquente de puzzles.

Ainsi, ils permettent d'améliorer :

- ▶ La perception des détails,
- ▶ La sélection des critères à privilégier dans une masse d'informations,
- ▶ La capacité d'attention,
- ▶ La précision des gestes de motricité fine,
- ▶ Les capacités de ténacité.

Grâce aux compétences qu'ils sollicitent et développent, les puzzles sont fréquemment utilisés dans le milieu scolaire.

1.2.4. Les puzzles dans le milieu scolaire

Les puzzle entrent dans les écoles dès les années 1880 pour leur aspect éducatif. Ils portent à l'époque essentiellement sur des notions de géographie et d'histoire.

Aujourd'hui, les programmes de l'école maternelle de 2015 incluent les puzzles dans le domaine d'apprentissage « Construire les premiers outils pour structurer la pensée ». Dans les attendus de fin de cycle, la compétence « Reproduire un assemblage à partir d'un modèle (puzzle, pavage, assemblage de solides) » est attendue dans la partie « Explorer des formes, des grandeurs, des suites organisées ». Les puzzles sont recommandés pour travailler les compétences d'observation et de reproduction d'un modèle ainsi que les notions de tri, de rangement et de repérage dans l'espace entre autres. Afin de répondre aux exigences des programmes et parce qu'ils développent de nombreuses compétences, les puzzles ont une place centrale dans les activités proposées aux élèves de maternelle.

Bien qu'ils ne soient pas explicitement cités dans les programmes des cycles 2 et 3, les puzzles prennent également place au sein des écoles élémentaires par leur caractère comparable à une situation problème. En effet, Richard (1997) considère qu'un espace problème est composé d'une situation initiale avec un but à atteindre, des actions possibles et des contraintes d'application. Ainsi, dans un puzzle, l'état initial correspond à l'ensemble des pièces étalées sur la table et le but est d'assembler toutes les pièces afin de reconstituer une image complète. Pour atteindre ce but, il est possible de manipuler les pièces, les assembler, les déplacer ou même de les retourner mais il existe aussi des contraintes liées principalement à la nature du puzzle. Par exemple, il n'est pas possible d'assembler une pièce à l'envers avec une pièce à l'endroit. Or, dans le Bulletin officiel spécial n°3 du 5 avril 2018, le ministre de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse précise que « la résolution de problèmes [...] engage les élèves à chercher, émettre des hypothèses, élaborer des stratégies, confronter des idées pour trouver un résultat ». Ainsi, les puzzles représentent des situations d'apprentissage amenant les élèves à s'engager, à élaborer des stratégies et à mobiliser leurs connaissances et leurs compétences dans le but de résoudre un problème. Ils favorisent alors l'acquisition et le développement de nouvelles compétences.

1.3. Les liens entre les fonctions exécutives et les puzzles

Les fonctions exécutives interviennent dans les situations nouvelles et permettent d'atteindre un but. Elles interviennent donc dans les activités de puzzle afin de résoudre le problème posé. Chaque composante agit sur un plan différent lors de la résolution :

- **L'inhibition**

L'inhibition permet de se focaliser sur les informations pertinentes et d'occulter celles qui pourraient interférer avec le but recherché. Cela se produit, par exemple, lorsque le joueur recherche une pièce de couleur bleue, il ne prête aucune attention aux autres couleurs. Se faisant, elle facilite la recherche du joueur.

L'inhibition permet également de se retenir d'effectuer les actions qui iraient à l'encontre du but à atteindre. Par exemple, elle empêche le joueur de forcer pour faire rentrer une pièce ou de saisir une pièce qui ne correspond pas aux critères de recherche mais qui serait attrayante.

- **La mémoire de travail**

La mémoire de travail gère le raisonnement lors de la réalisation du puzzle. Grâce à elle, le joueur mémorise les critères d'observation et suit la logique recherche. Par exemple, elle stocke les éléments attendus « pièce jaune et verte » et « avec au moins trois encoches » et lorsqu'une pièce correspond aux critères de couleurs, le joueur vérifie ensuite le critère de forme, étape suivante de la logique de recherche.

La MdT permet également de mémoriser l'état d'avancement du puzzle et les tâches restées en suspens. Cela peut être le cas lorsque le joueur n'a pas terminé d'assembler les pièces qui constituent un personnage, faute de trouver des pièces de sa couleur et qu'il passe à une autre partie du puzzle. Lors de ses recherches suivantes, s'il voit des pièces de la couleur du personnage, il se souviendra de sa recherche précédente, qui n'avait pas abouti, et sera en mesure de reprendre le raisonnement et de placer la pièce correspondant au personnage.

- **La flexibilité**

La flexibilité mentale permet à la fois de modifier la stratégie en cours et d'alterner dans les critères de recherche. En effet, lorsque le but intermédiaire que s'est fixé le joueur est trop difficile à atteindre en l'état, grâce à ses capacités de flexibilité, il peut changer de but et y revenir plus tard, modifiant alors sa stratégie de résolution. Ainsi, il ne persévère pas dans un

but intermédiaire inadapté et pouvant le décourager de terminer le puzzle. Ce sont également ses capacités de flexibilité qui sont mises en jeu lorsque le joueur alterne entre les critères de formes et de couleurs lors de la recherche d'une pièce.

2. Problématique

Ainsi, les puzzles sont des tâches de résolution de problème qui sollicitent grandement les différentes composantes des fonctions exécutives. Nous pouvons donc émettre des hypothèses sur les liens possibles entre le niveau des enfants de maternelle dans les différentes fonctions exécutives et leurs performances de résolution au puzzle. Nous supposons donc que plus les enfants ont des capacités relatives aux fonctions exécutives élevées, plus ils seront rapides en résolution de puzzles. De cette hypothèse principale découlent trois hypothèses formulées pour chacune des composantes des fonctions exécutives :

- **L'inhibition**

Les capacités d'inhibition, permettant entre autre de faciliter la recherche en se focalisant sur les critères les plus pertinents et de contrôler ses actions en direction du but à atteindre et non en fonction de facteurs affectifs, améliorent les performances de réalisation d'un puzzle.

- **La mémoire de travail**

Les capacités de mémoire de travail, favorisant notamment la mise en mémoire des critères et des protocoles de recherche de pièces ainsi que le traitement de ces informations, influencent positivement les performances de résolution d'un puzzle.

- **La flexibilité**

Les capacités de flexibilité, comme le fait de modifier sa stratégie de résolution en cours d'utilisation ou d'alterner entre les multiples critères de recherche optimise les performances en matière de résolution de puzzles.

3. Méthode

Afin de vérifier ces hypothèses, six professeurs des écoles stagiaires ont conduit une étude auprès de leurs élèves de maternelle, du mois de janvier et au mois de mars 2020.

3.1. Les participants

Dans le recueil de données final figurent les résultats de 82 élèves de maternelle, âgés de 36 à 73 mois au moment du premier test. Les enfants sont issus de six classes de maternelle des départements de la Savoie et de la Haute-Savoie et proviennent de milieux socio-culturels différents. Ils sont répartis dans les trois niveaux de maternelle comme suit :

- 13 élèves de petite section (8 filles, 5 garçons),
- 50 élèves de moyenne section (26 filles, 24 garçons),
- 19 élèves de grande section (7 filles, 12 garçons).

3.2. La procédure d'ensemble

Les participants ont tout d'abord passé quatre tests, de 5 à 15 minutes chacun, afin de mesurer leurs capacités dans les différentes composantes des fonctions exécutives. Puis, ils disposaient d'une dizaine de minutes pour résoudre un puzzle de 30 pièces. Dans le but de minimiser les possibles effets de fatigue provoqués par les tests, les participants ne pouvaient réaliser qu'un seul test par demi-journée.

Ainsi, chaque enfant a effectué cinq tâches sur cinq jours :

- **Test 1** : TEGP ou « Tête - Épaules - Genoux - Pieds » pour mesurer l'inhibition,
- **Test 2** : DCCS ou « Dimensional Change Card Sort » pour mesurer la flexibilité,
- **Test 3** : test de tracé « Trail-P » pour mesurer la flexibilité et l'inhibition,
- **Test 4** : épreuves d'empan mnésique inversé pour mesurer la mémoire de travail,
- **Puzzle** : tâche de résolution de problème qui mobilise les différentes composantes des fonctions exécutives.

3.3. Les tests et le matériel utilisés

Les tests effectués étaient identiques pour tous les participants, les examinateurs ayant respecté le protocole de chaque test.

3.3.1. Le TEGP ou « Tête - Épaules - Genoux - Pieds »

Le test « Tête - Épaules - Genoux - Pieds » correspond à la traduction française, proposée par Clerc en 2016, du « Head - Toes - Knees - Shoulders » (édition originale anglaise de Cameron & McClelland, 2011). Ce test est composé de trois phases elles-mêmes divisées en trois temps : explications, entraînement et évaluation.

Pour commencer, l'examineur vérifie la compréhension de l'enfant pour des consignes simples du type « Touche ta tête ». Il touche alors successivement sa tête et ses pieds tout en disant « *Touche ta tête. Touche tes pieds.* » pour inviter l'enfant à l'imiter. Une fois la compréhension validée, il peut lui expliquer le principe du test : il doit faire le contraire de ce que demande l'examineur. Ainsi, lorsqu'il lui donne la consigne « Touche ta tête », l'enfant doit, au contraire, aller toucher ses pieds et inversement avec la consigne « Touche tes pieds ». S'en suit un temps d'entraînement composé de six essais. Chaque fois que l'enfant réussit, il reçoit une validation orale de l'examineur. Par contre, s'il se trompe, l'examineur invalide sa réponse et lui répète la consigne selon des modalités précises. Lors de la première phase, il peut, si nécessaire, recevoir jusqu'à trois explications supplémentaires. Enfin, vient le temps d'évaluation. L'enfant ne reçoit alors ni corrections, ni explications supplémentaires de l'examineur lors des dix items. S'il obtient au moins 4 points sur les 20 possibles, l'enfant accède à la deuxième phase, sinon, le test s'arrête là.

La deuxième phase débute, comme la première, en mimant l'examineur qui touche en alternance ses épaules puis ses genoux. Puis, le même principe qu'en phase 1 s'applique : il faut faire le contraire de ce que demande l'examineur et toucher ses genoux au lieu des épaules et inversement. Cette fois-ci, cinq essais permettent d'intégrer ces deux nouvelles consignes et l'enfant ne peut bénéficier que de deux explications supplémentaires. Lors du temps de test, les quatre consignes sont données à tour de rôle et les réponses de l'enfant sont comptabilisées. À nouveau, avec 4 points, l'enfant accède à la phase suivante, sinon, le test s'arrête là.

Lors de la dernière phase, les règles changent : la tête s'oppose maintenant avec les genoux et les épaules avec les pieds. L'enfant bénéficie alors de six essais pour intégrer ces quatre nouvelles consignes et éventuellement jouir de deux explications supplémentaires avant d'effectuer les dix items d'évaluation.

Lors des temps d'évaluation, les points sont attribués de la façon suivante : une bonne réponse immédiate vaut 2 points, une bonne réponse auto-corrigée vaut 1 point et une mauvaise réponse n'apporte pas de point. Les points sont ensuite additionnés pour constituer le score total de l'enfant au TEGP.

SCORE	Phase 1 : tête / pieds	<i>x points / 20</i>
	Phase 2 : tête / pieds & épaules / genoux	<i>x points / 20</i>
	Phase 3 : tête / genoux & épaules / pieds	<i>x points / 20</i>
CALCUL	TEGP 1+2+3 : P1 + P2 + P3	<i>x points / 60</i>

Le TEGP permet ainsi de mesurer les capacités d'inhibition de l'enfant. En effet, lors des phases 1 et 2, celui-ci doit se retenir de produire une réponse automatisée qui a du sens pour produire la réponse attendue. Par exemple, pour la consigne « Touche ta tête. », l'enfant doit se retenir de toucher sa tête (réponse automatique) pour toucher ses pieds (réponse attendue). Dans la troisième phase, la tâche d'inhibition est d'autant plus difficile puisque l'enfant doit non seulement réprimer la réponse automatique et sensée mais aussi la réponse apprise lors des phases précédentes. Ainsi, toujours pour la consigne « Touche ta tête. », il doit, d'une part, s'empêcher de toucher sa tête (réponse automatique) et d'autre part se retenir de toucher ses pieds (réponse apprise en phases 1 et 2) pour toucher ses genoux (nouvelle réponse attendue).

3.3.2. Le DCCS ou « Dimensional Change Card Sort »

Le test de tri de cartes du Wisconsin (WCST) de Grant et Greg est fréquemment utilisé pour mesurer la flexibilité chez l'adulte, mais il n'est pas adapté aux capacités des jeunes enfants. En 1995, Frye et al. ont alors développé le DCCS, qui peut se traduire comme un tri de cartes à changement de dimensions, afin d'évaluer la flexibilité chez les enfants d'âge préscolaire.

Ce test se déroule selon un protocole très strict et tout ce que dit l'examineur est guidé. Pour commencer, deux boîtes sont disposées l'une à côté de l'autre sur la table devant l'enfant. Sur celle de gauche est fixée l'image d'un lapin bleu et sur celle de droite celle d'un bateau rouge. L'examineur garde dans ses mains les vingt-huit cartes à trier, toujours dans le même ordre, sur lesquelles figure un lapin rouge ou bien un bateau bleu. Sept d'entre elles sont également bordées d'un cadre noir (*annexe 1*). En fonction de la consigne énoncée, l'enfant devra trier les cartes soit selon leur couleur (rouge ou bleu), soit selon de forme (lapin ou bateau). Pour

chaque carte, la procédure est identique : d'abord, l'examineur énonce ou rappelle la règle de tri en cours, puis il retourne la carte et indique ce qui y figure selon la modalité de tri demandée. Par exemple, lors du tri des formes, l'examineur répète à chaque fois « tous les lapins vont ici et tous les bateaux vont là » tout en pointant les boîtes correspondantes avec la main. Et, lorsqu'il retourne une carte, si celle-ci présente un lapin rouge, il annonce « Voici un lapin. », sans en spécifier la couleur, et demande alors où est-ce qu'il va.

Le test se divise en trois phases de tri : pré-switch, post-switch et combinatoire.

Après deux démonstrations de l'examineur, lors de la première phase, l'enfant doit trier six cartes selon les caractéristiques de forme de l'image : c'est le jeu des formes. Puis, les modalités de tri changent pour la deuxième phase. L'enfant doit maintenant trier six cartes selon leur couleur : c'est le jeu des couleurs. Enfin, lors de la dernière phase, les règles de tri des phases précédentes se combinent dans un nouveau jeu. En effet, l'examineur introduit l'existence de cartes cernées d'un cadre noir et explique donc que, s'il y a un cadre, il faut jouer au jeu des couleurs, par contre, s'il n'y a pas de cadre sur la carte, il faut alors jouer au jeu des formes. Après deux démonstrations, l'enfant doit trier les douze cartes restantes avec ou sans cadre.

Lors des trois phases de tri, chaque fois que l'enfant donne la bonne réponse, il marque 1 point. Seuls les enfants ayant obtenu au moins 5 points sur 6 lors des deux premières phases peuvent participer à la dernière.

SCORE	Phase 1 : pré-switch (tri de formes)	<i>x points / 6</i>
	Phase 2 : post-switch (tri de couleurs)	<i>x points / 6</i>
	Phase 3 : combinatoire (tri multidimensionnel)	<i>x points / 12</i>

Il existe deux ordres possibles au DCCS : l'ordre 1, où l'enfant trie en premier les cartes selon leur forme, puis selon leur couleur, et l'ordre 2, où l'enfant trie d'abord en fonction de la couleur en phase 1 et en fonction de la forme ensuite.

Les changements de consignes entre les différentes phases mobilisent la flexibilité cognitive de l'enfant. Celui-ci doit effectivement intégrer une consigne de tri, l'oublier complètement pour en appliquer une autre et enfin coordonner ces deux consignes au sein d'une troisième. Ainsi, lorsqu'un enfant continue d'appliquer la règle de la phase précédente, cela relève probablement d'un manque de flexibilité.

3.3.3. Le test de tracé de pistes Trail-P

Le Trail-P permet de mesurer conjointement la flexibilité et l'inhibition. Il correspond à une adaptation des tests de tracés de type « Trail Making Test » pour les enfants qui ne connaissent pas encore l'ordre alphabétique et/ou la suite numérique.

Le test nécessite six planches de tracés numérotées et se déroule en trois phases. Dans la première, le but est de relier par un trait des souris par ordre de taille, de la plus petite à la plus grande. Pour cela, une première planche de tracés permet à l'examineur de faire une démonstration avec trois souris et de faire s'entraîner l'enfant avec les trois mêmes souris disposées autrement (*annexe 2*). Puis, vient un temps d'évaluation avec la deuxième planche où cinq souris sont à relier cette fois-ci. La consigne donnée est toujours de relier toutes les souris, de la plus petite à la plus grande, sans lever le crayon. Lorsque l'enfant se trompe, l'examineur lui indique qu'il y a une erreur, sans pour autant l'expliquer, replace le stylo sur la dernière cible correcte et montre à l'enfant la prochaine cible à atteindre. La tâche évolue dans la deuxième phase. Le but est maintenant de relier, toujours par ordre croissant de taille, alternativement une souris, un fromage, une souris et ainsi de suite. Comme pour la première phase, un temps de démonstration et un temps d'entraînement se font sur la troisième planche avec seulement deux souris et deux fromages. Puis arrive l'évaluation avec cinq souris et cinq fromages sur la planche suivante (*annexe 3*). Enfin, dans la dernière phase, également divisée en trois étapes (démonstration, entraînement et évaluation), la tâche est complexifiée par la présence de personnages dits perturbateurs. L'enfant ne doit alors relier que les souris et les fromages, sans se préoccuper des autres animaux et de leur repas (*annexe 4*).

Pour faciliter le test, les souris ont toutes une couleur différente. De plus, l'ordre des couleurs de la plus petite à la plus grande est conservé d'une planche à l'autre. D'autre part, les fromages sont de la même couleur que la souris qui les précède.

Lors des moments d'évaluation, l'examineur place le stylo de l'enfant sur la plus petite souris et déclenche le chronomètre. Il n'interrompt le chronomètre que lorsque toutes les cibles ont été reliées. Les temps sont relevés en secondes pour chaque phase.

SCORE	Phase 1 : temps souris	<i>x secondes</i>
	Phase 2 : temps souris et fromages	<i>x secondes</i>
	Phase 3 : temps souris, fromages et perturbateurs	<i>x secondes</i>

Pour réaliser la tâche en phase 2, l'enfant doit résoudre les deux exercices en simultané et en alterné étape par étape, sans pour autant qu'ils n'interfèrent entre eux. Cela fait donc appel à ses capacités de flexibilité afin d'activer et d'inhiber en alternance les deux systèmes de résolution, fromages et souris. Pendant la phase 3, la consigne étant la même, ses capacités de flexibilité sont là encore mobilisées. Mais la présence de personnages perturbateurs mobilise également les capacités d'inhibition de l'enfant qui doit se concentrer uniquement sur les cibles souris et fromages.

La phase 1 est ici considérée comme un temps contrôle. Ainsi, pour obtenir le score de flexibilité, l'examineur soustrait le temps contrôle au temps de la phase 2 et pour obtenir le score d'inhibition, l'examineur soustrait le temps de la phase 2 au temps de la phase 3. Enfin, en soustrayant le temps contrôle à celui de la phase 3, il obtient un score composite de flexibilité et d'inhibition.

CALCUL	Temps flexibilité : Temps P2 - P1	<i>x secondes</i>
	Temps inhibition : Temps P3 - P2	<i>x secondes</i>
	Temps flexibilité et inhibition : Temps P3 - P1	<i>x secondes</i>

3.3.4. Les tâches d'empan mnésique inversé

Afin de mesurer également les capacités en mémoire de travail, chaque enfant a pris part à trois épreuves d'empan mnésique inversé : empan spatial, de chiffres puis de mots. Ces épreuves consistent à mémoriser une séquence donnée par l'examineur et à la manipuler mentalement pour la restituer dans l'ordre inverse.

- **Les blocs de Corsi** : L'examineur et l'enfant prennent chacun place de part et d'autre de la table sur laquelle est posée une planche avec neuf cubes identiques disposés de manière aléatoire. D'un enfant à l'autre, la position des cubes est identique. Seul l'examineur peut différencier et identifier les cubes via une lettre, de A à I, inscrite sur la face que l'enfant ne peut pas voir (*annexe 5*).

L'expérimentateur commence par présenter à l'enfant la marionnette Gabrielle et sa particularité : elle fait toujours tout à l'envers. Si bien que lorsque l'examineur pointe le cube A puis le cube B, Gabrielle, elle, va d'abord montrer le cube B puis le A. La marionnette permet ainsi d'introduire la consigne en demandant à l'enfant de reproduire

ce que ferait Gabrielle. Si l'enfant réussit pour l'essai A - B, l'examineur passe à l'essai suivant, sinon, l'examineur refait la démonstration, puis, passe à l'essai suivant avec les cubes C et E.

Le test se compose de cinq items de deux essais. Lors du premier item, les séries à mémoriser comportent deux cubes. A chaque item, le nombre de cubes à mémoriser augmente de un, ce qui accroît la difficulté. Pour passer à l'item suivant, l'enfant doit réussir au moins l'un des deux essais, sinon le test s'arrête là et l'enfant commence le test suivant.

- **Empan de chiffres inversé** : Ce test se déroule dans la continuité du précédent avec les blocs de Corsi. L'examineur explique que la marionnette fait vraiment tout à l'envers puisqu'elle répète aussi les chiffres à l'envers. Il fait alors une démonstration en disant « 9 - 6 » et Gabrielle réplique donc « 6 - 9 ». Puis c'est au tour de l'enfant de faire comme Gabrielle sur la même série de chiffres (9 - 6). A nouveau, si l'enfant réussit, il peut faire l'essai suivant, sinon, la démonstration recommence avant de débiter le deuxième essai de l'item, quelque soit la nouvelle réponse de l'enfant.

L'épreuve est composée, de la même façon que l'épreuve des blocs de Corsi, de cinq items de deux essais chacun. Les items se succèdent de la même manière avec trois, puis quatre et jusqu'à six chiffres à mémoriser et à restituer à l'envers. Lorsque l'enfant échoue aux deux essais d'un même item, le test s'arrête et l'épreuve d'empan de mots inversé peut débiter.

- **Empan de mots inversé** : Ce test est semblable en tout point à celui d'empan de chiffres sauf que les chiffres sont remplacés par des mots monosyllabiques. Gabrielle, la marionnette, fait encore et toujours tout à l'envers. Elle répète donc les mots à l'envers. Ainsi, au lieu de dire « chat » puis « bouche » comme le fait l'examineur, elle dira « bouche - chat ». L'enfant est invité à faire comme Gabrielle lorsque l'examineur dit à nouveau « chat - bouche », puis, à faire de même avec l'essai suivant « tasse - ours ».

La structure est identique aux tests précédents et la difficulté s'amplifie à mesure que le nombre de mots à mémoriser augmente, allant de deux mots pour le premier item à cinq pour le dernier. Là encore, les items ne s'enchaînent que si l'enfant réussit au moins l'un des deux essais.

Lors des trois épreuves, l'enfant reçoit un point pour chaque réponse correcte. Puis l'examineur effectue la moyenne aux trois épreuves pour obtenir un score de mémoire de travail composite.

SCORE	Empan spatial	<i>x points / 10</i>
	Empan de chiffres	<i>x points / 10</i>
	Empan de mots	<i>x points / 10</i>
CALCUL	Mémoire de travail composite	<i>moyenne des trois tests</i>

3.3.5. Le puzzle

Après avoir réalisé tous les tests de fonctions exécutives, l'enfant doit enfin résoudre un puzzle. Il s'agit d'un puzzle rectangulaire de 30 pièces représentant cinq personnages issus d'un univers d'albums de jeunesse (*annexe 6*). Ce puzzle est identique pour tous les participants, quel que soit leur niveau de classe, et ne doit jamais avoir été réalisé en classe auparavant.

Pour le test, l'examineur dispose les pièces face visible et en désordre sur la table. Le couvercle de la boîte qui constitue le modèle est placé à portée de vue de l'enfant. Il ne doit y avoir aucun repère permettant d'aider l'enfant à positionner les pièces ; il n'y a ni contours, ni cadre, ni support de réalisation. Lorsque l'enfant est prêt, l'examineur déclenche le chronomètre. L'enfant dispose alors de 10 minutes pour résoudre entièrement le puzzle. L'examineur, quant à lui, observe et relève certains éléments. Il doit être attentif au nombre de tentatives d'emboîtement erroné, c'est-à-dire quand l'enfant essaie une pièce qui ne correspond pas à l'emplacement et force ou insiste pour la faire rentrer. Il doit également relever le nombre de fois où l'enfant a demandé de l'aide pour résoudre le puzzle. Cependant, l'examineur ne peut lui donner aucune indication pouvant l'aider dans la résolution et ne peut répondre à ces demandes que par des encouragements verbaux.

Au bout de 10 minutes ou lorsque l'enfant a terminé le puzzle, le chronomètre et l'épreuve s'arrêtent. L'examineur demande alors à l'enfant de réfléchir à la manière dont il a résolu le puzzle. A l'aide d'un visuel d'oursins (*annexe 7*), l'enfant peut indiquer s'il pense avoir utilisé plutôt une stratégie structurante en commençant par les bords, une stratégie figurative

en repérant un morceau de l'image et en construisant le puzzle autour, ou bien une stratégie de type aléatoire en assemblant des pièces une à une jusqu'à les assembler toutes.

Si l'enfant ne parvient pas à réaliser entièrement le puzzle dans les dix minutes imparties, l'examineur utilise alors une formule pour extrapoler le temps qu'il aurait mis à partir du temps moyen par pièce déjà placées : $(600 \text{ secondes} / x \text{ pièces placées}) \times 30 \text{ pièces du puzzle}$.

SCORE	Temps de résolution (réel ou extrapolé)	<i>x secondes</i>
	Tentatives d'emboîtement erroné	<i>x tentatives</i>
	Demandes d'aide	<i>x demandes</i>
	Ourson utilisé	<i>bleu / jaune / vert</i>
	Ourson prétendument utilisé	<i>bleu / jaune / vert</i>

4. Résultats

L'ensemble des données recueillies par les professeurs des écoles stagiaires auprès de leurs élèves respectifs a été regroupé afin de constituer un échantillon plus conséquent et plus varié. Des analyses statistiques ont été conduites sur ces données avec le logiciel Statistica. Elles avaient pour but d'observer si des relations existent entre les différentes données, permettant de confirmer, ou non, les différentes hypothèses émises précédemment.

4.1. Analyses préliminaires

Pour commencer, des analyses préliminaires ont été menées afin d'identifier si des variables considérées comme indépendantes avaient éventuellement parasité les résultats obtenus pour le temps au puzzle, la principale variable d'intérêt dans cette étude. Elles permettent donc d'identifier les éléments qui auraient pu créer des biais dans les données exploitées.

Ces analyses ont permis d'établir que le sexe de l'enfant n'influçait pas ses performances concernant le temps de réalisation du puzzle. L'ordre au DCCS n'a pas non plus d'influence sur le temps de réalisation au puzzle.

Par contre, les analyses ont montré qu'il existait un effet de l'examineur sur les scores des enfants lors de la réalisation du puzzle : $F(4, 55) = 5,8279, p < .001$. L'analyse de Fisher avec un degré de liberté de $(4, 55)$ - correspondant respectivement au nombre d'examineurs ayant pu faire réaliser le puzzle à ses élèves et au nombre de participants ayant des données

complètes et exploitables - montre donc un effet significatif de l'examineur sur le temps de réalisation du puzzle par les enfants. Enfin, le seuil de significativité, p , indique que nous avons moins d'une chance sur mille de nous tromper en généralisant ces résultats à la population parente.

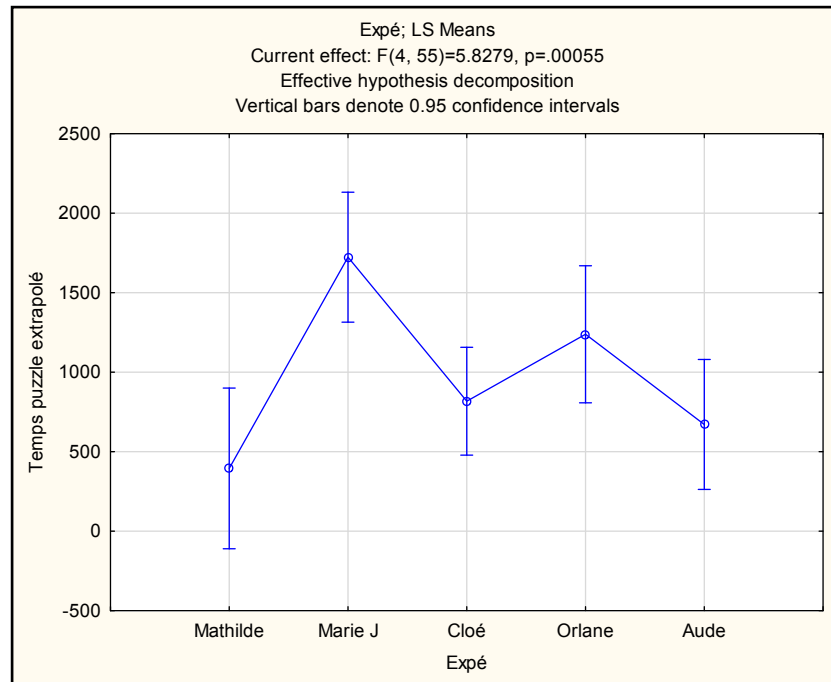


Figure 1. Graphique présentant le temps de réalisation au puzzle en fonction de l'examineur

4.2. Analyses de régression

Diverses analyses de régression ont également été conduites dans le but d'analyser et de modéliser les liens entre les scores aux différents tests de fonctions exécutives et le temps de réalisation du puzzle. Nous pouvons présenter les analyses effectuées comme suit :

Variable dépendante	Variabes prédictrices
Temps de résolution au puzzle	Score d'inhibition au TEGP 1+2+3
	Score d'inhibition au Trail-P (temps phase 3 - temps phase 2)
	Score de mémoire de travail composite aux tests d'empan
	Score de flexibilité au DCCS en phase 3
	Score de flexibilité au Trail-P (temps phase 2 - temps phase 1)

Ainsi, quatre liens de régression ont été mis en exergue par ces analyses :

- L'effet prédicteur du score d'inhibition au TEGP sur le temps au puzzle
- L'effet prédicteur du score de mémoire de travail composite aux tests d'empan mnésique sur le temps au puzzle
- L'effet prédicteur du score de flexibilité au DCCS sur le temps au puzzle
- L'effet prédicteur du score de flexibilité au Trail-P sur le temps au puzzle

4.2.1. Effets prédicteurs des scores d'inhibition sur le temps au puzzle

Le score d'inhibition obtenu au TEGP 1+2+3 prédit de manière significative le temps de résolution au puzzle : $F(1, 74) = 17,59, p < .0001$.

Le degré de liberté (1, 74) rend compte du nombre de données exploitables conservées pour l'analyse. Le seuil de significativité, p , indique que nous avons ici moins d'une chance sur dix-mille de nous tromper en généralisant ces résultats à la population parente.

Le nuage de points illustrant le score au TEGP en fonction du temps au puzzle permet de construire la droite d'ajustement affine qui met en avant ces résultats. Nous pouvons donc constater que les enfants dont le score au TEGP 1+2+3 est élevé réaliseront le puzzle plus vite que les enfants ayant un score plus faible.

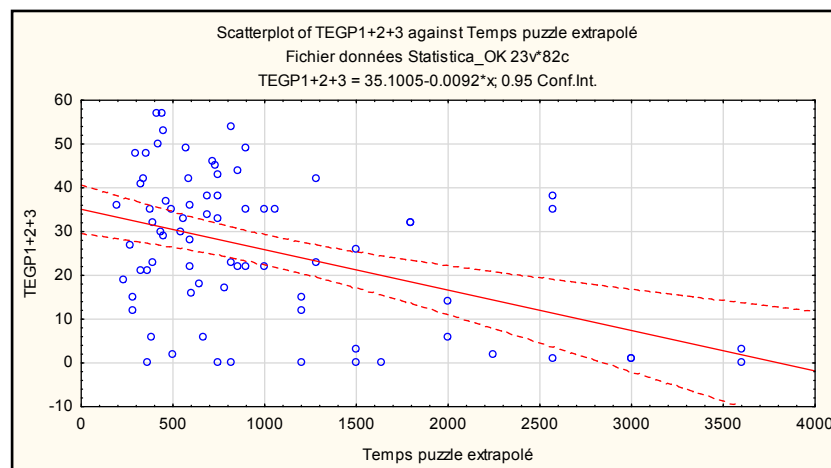


Figure 2. Nuage de points illustrant la répartition des scores d'inhibition au TEGP en fonction du temps de réalisation au puzzle

Par contre, les résultats de l'analyse de Fisher ne montrent pas d'effet du score d'inhibition obtenu au Trail-P (temps phase 3 - temps phase 2) sur le temps extrapolé au puzzle, avec pour

seuil de significativité, $p > .10$. Sachant que, par convention, les résultats sont considérés comme significatifs en psychologie lorsque $p < .05$.

4.2.2. Effets prédicteurs des scores de MDT sur le temps au puzzle

Le score de mémoire de travail composite, obtenu en effectuant la moyenne des scores lors des trois tests d'empan mnésique, prédit le temps de résolution au puzzle de manière significative : $F(1, 51) = 12,02, p < .01$.

Le degré de liberté (1, 51) correspond toujours ici à l'échantillon de données exploitables conservées pour effectuer l'analyse et le seuil de significativité, p , indique que nous avons moins d'une chance sur cent de nous tromper en généralisant ces résultats à la population parente.

Nous observons avec la droite d'ajustement affine, réalisée d'après le nuage de points présentant les scores de MdT composite au regard du temps de réalisation au puzzle, que plus le score de mémoire de travail de l'enfant est élevé, plus le temps au puzzle est court.

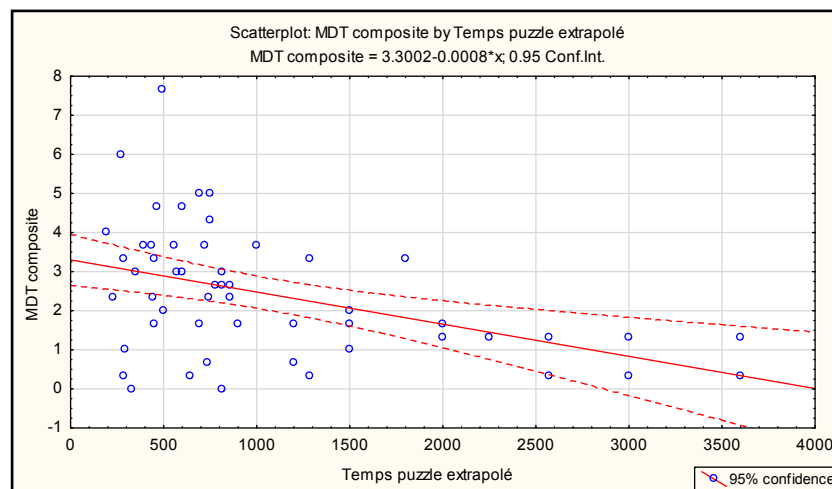


Figure 3. Nuage de points illustrant la répartition des scores de mémoire de travail composite en fonction du temps de réalisation au puzzle

4.2.1. Effets prédicteurs des scores de flexibilité sur le temps au puzzle

Les scores mesurant la flexibilité, obtenus au DCCS comme au Trail-P, ont tout deux un effet prédicteur sur le temps de résolution au puzzle.

En effet, le score de flexibilité obtenu par l'enfant lors de la phase 3 du DCCS prédit, et ce de manière significative, le temps de résolution au puzzle : $F(1, 73) = 9,09, p < .01$.

Le degré de liberté (1 , 73) correspond ici à l'échantillon de données exploitables conservées pour réaliser l'analyse de type F dont le seuil de significativité, p , nous indique que nous avons moins d'une chance sur cent de nous tromper en généralisant ces résultats à une population parente.

Le nuage de points présentant le score au DCCS en fonction du temps au puzzle permet d'illustrer ces résultats. En effet, la droite d'ajustement affine permet d'observer que plus les enfants ont un score de flexibilité élevé à la phase 3 du DCCS, plus ils seront rapides pour réaliser entièrement le puzzle.

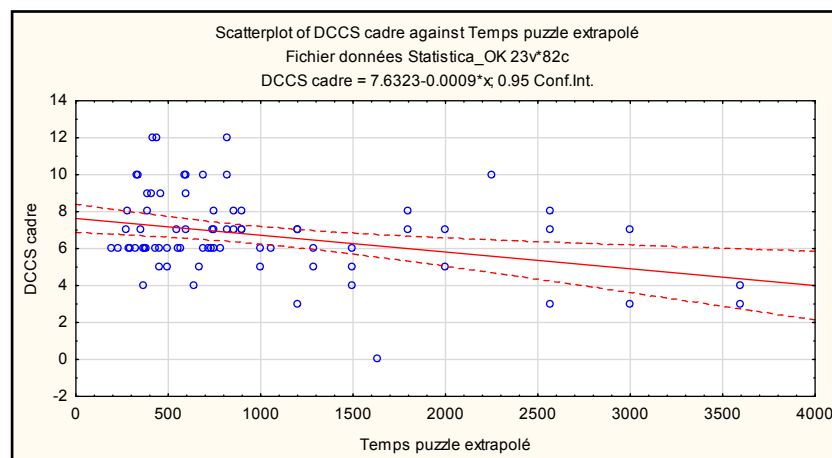


Figure 4. Nuage de points illustrant la répartition des scores de flexibilité en phase 3 du DCCS en fonction du temps de réalisation au puzzle

Le score de flexibilité obtenu en soustrayant le temps en phase 1 (souris) à celui en phase 2 (souris et fromages) au Trail-P prédit également de façon significative le temps de résolution au puzzle : $F(1, 65) = 10,57, p < .01$.

Le degré de liberté, ici (1 , 65), renvoie au nombre de données exploitables conservées pour réaliser l'analyse. Le seuil de significativité, p , indique que nous avons moins d'une chance sur cent de nous tromper en généralisant ces résultats à la population parente.

Grâce à la droite d'ajustement affine du nuage de points présentant le score de flexibilité au Trail-P par rapport au temps de réalisation du puzzle, nous observons que plus la différence de temps est importante entre le temps contrôle en phase 1 et le temps en phase 2, plus le temps de réalisation du puzzle sera long.

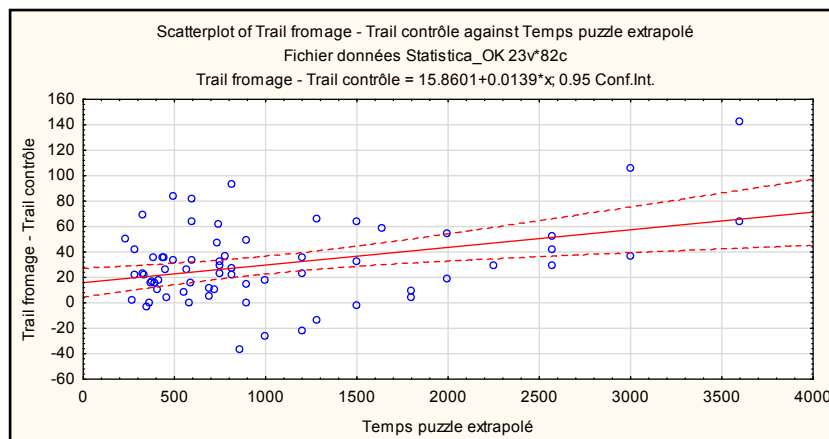


Figure 5. Nuage de points illustrant la répartition des scores de flexibilité au Trail-P en fonction du temps de réalisation au puzzle

5. Discussion

Six professeurs des écoles ont mené cette étude auprès de leurs élèves de maternelle. Les analyses portent sur les résultats de 82 élèves, âgés de 36 à 73 mois. Cette étude avait pour but d’observer la résolution d’un puzzle, ici considérée comme une situation problème, au regard des capacités relatives aux fonctions exécutives. Nous avons émis plusieurs hypothèses sur les liens entre les différentes composantes des FE et le temps de résolution d’un puzzle chez les enfants d’âge préscolaire.

- ▶ Les enfants dont les capacités d’inhibition sont plus élevées sont les plus performants en résolution de puzzle.
- ▶ Les enfants dont les capacités de mémoire de travail sont plus élevées sont les plus performants en résolution de puzzle.
- ▶ Les enfants dont les capacités de flexibilité sont plus élevées sont les plus performants en résolution de puzzle.

Ces hypothèses conduisent à une hypothèse principale étant que les enfants dont les capacités exécutives sont plus élevées sont les plus performants en résolution de puzzle.

5.1. Discussion des résultats

Les analyses préliminaires effectuées dans le but de révéler un éventuel biais dans les résultats démontrent un effet de l’expérimentateur sur le temps de réalisation au puzzle. De nombreux éléments sont susceptibles d’expliquer ce phénomène. Tout d’abord, bien que les épreuves

aient été standardisées, il est possible que les six examinateurs aient agi différemment. Ainsi, par leurs propos, leurs attitudes ou leurs gestes, ils auraient éventuellement influencé l'état d'esprit des enfants, leur confiance en eux, leur niveau de stress ou encore leurs stratégies de résolution, modifiant *in fine* leurs résultats au puzzle. Ensuite, il est également possible que ces différences de résultats s'expliquent par l'environnement dans lequel évoluent les enfants. En effet, les activités au sein des six classes varient fortement. Suivant le fonctionnement de leur classe, certains enfants réalisent des puzzles au moins une fois par jour, quand d'autres en réalisent plutôt une fois par semaine. Par conséquent, certains enfants seraient plus entraînés que les autres pour cette épreuve et auraient donc de meilleurs résultats. Enfin, nous savons que l'environnement familial influence le développement des fonctions exécutives des enfants, notamment le statut socioéconomique et le cadre familial. Or certaines écoles sont fréquentées par des familles plutôt aisées quand d'autres écoles sont fréquentées par des familles plus modestes. Au regard de nos hypothèses, cela serait donc susceptible de biaiser les résultats obtenus entre les différentes classes.

Les analyses préliminaires ne concernaient que le temps de réalisation au puzzle. Il aurait été intéressant d'observer aussi si des effets du sexe, de l'ordre au DCCS ou de l'examineur existaient pour les différents tests de fonctions exécutives, ce qui aurait éventuellement fait ressortir une explication par rapport aux autres.

Si cet effet est majoritairement dû à l'expérimentateur lui-même, cela remet en cause l'existence de plusieurs examinateurs pour un même test et le fait que les enseignants eux-mêmes réalisent ces tests. Toutefois, « l'évaluateur doit [...] s'assurer d'avoir établi un bon contact avec l'enfant avant de procéder à l'évaluation afin d'obtenir une évaluation valide » (selon Monette et Bigras, 2008, p.327). Alors, si, de part sa fonction, l'enseignant a établi ce contact positif avec l'enfant, la difficulté réside principalement dans le fait qu'il doit, le temps des tests, troquer son statut d'enseignant pour celui de chercheur. Il ne doit plus viser la réussite de l'élève sur le long terme mais observer et analyser les capacités effectives de l'enfant à l'instant-T.

Les analyses de régression, quant à elles, semblent valider les différentes hypothèses émises. La première hypothèse, reliant les capacités d'**inhibition** aux **performances au puzzle**, a été validée avec les résultats au TEGP. En effet, plus le score d'inhibition au TEGP 1+2+3 est élevé, moins l'enfant met de temps à réaliser le puzzle. Le test du TEGP, où il faut se retenir

de produire une réponse automatisée, et le puzzle partagent donc des processus cognitifs communs. Par contre, le score d'inhibition obtenu au Trail-P ne prédit pas les performances au puzzle. Cela semble indiquer que les processus d'inhibition mis en jeu pour éviter les cibles dans le Trail-P diffèrent des processus d'inhibition mis en jeu pour la réalisation d'un puzzle. Le TEGP et le Trail-P mobilisent deux types d'inhibition différentes, ce qui explique cette différence de résultats entre les deux tests.

La deuxième hypothèse, reliant les capacités de **mémoire de travail** aux **performances au puzzle**, a été validée avec la moyenne des résultats aux tests d'empan, appelée ici mémoire de travail composite. En effet, plus le score de MdT composite est haut, plus l'enfant est rapide pour réaliser le puzzle entièrement. La mémoire de travail permet de maintenir en mémoire des informations de couleur et de forme ou sur l'état d'avancement du puzzle. Ainsi, plus ces capacités sont développées, plus le nombre d'informations mises en mémoire est important et plus il est facile et rapide de résoudre un puzzle.

La troisième hypothèse, reliant les capacités de flexibilité aux performances au puzzle, a été validée avec les scores au DCCS et au Trail-P. Contrairement à l'inhibition, les deux types de flexibilité, bien que différents, présentent des processus communs avec le puzzle. En effet, plus le score en phase 3 au DCCS est élevé, plus le temps de réalisation du puzzle est court. Il existe donc une similitude des tâches entre le DCCS et les puzzles, comme l'alternance de tri en fonction de la couleur et de la forme. Les résultats montrent également que plus la différence de temps entre la phase 2 et la phase 1 est importante, plus le temps de résolution du puzzle sera important également. Les deux tâches partagent donc des processus cognitifs concernant le changement attentionnel d'une catégorie sémantique à l'autre. Pour le Trail-P, l'enfant alterne ses recherches entre des souris et des fromages quand pour le puzzle, il doit par exemple alterner entre la recherche de l'emplacement puis de l'orientation de la pièce.

La validation des hypothèses pour chaque composante des fonctions exécutives corrobore l'hypothèse principale : plus un enfant a des capacités élevées en termes de fonctions exécutives, plus il sera performant en réalisation de puzzles.

Cependant, ces résultats peuvent être nuancés par plusieurs éléments. Tout d'abord, les examinateurs ont remarqué quelques problèmes dans les différents tests. Lors du TEGP, ils ont entre autres constaté de la lassitude et un effet de fatigue pour les enfants pouvant mener à une baisse des résultats. Lors de la phase 3 du DCCS, ils ont remis en question la pure compréhension des consignes, puisque ce test repose sur la capacité de l'enfant à comprendre

une consigne complexe. Ainsi, les enfants qui n'arrivent pas à coordonner les deux règles ont des résultats plus faibles que les autres. Pour ce test, les examinateurs ont également observé de la lassitude chez les enfants face à la répétition de la consigne à chaque item. Le Trail-P, quant à lui, a posé problème pour les enfants car leur main les empêchait de voir toute la feuille et de trouver la cible suivante. Les enfants pouvaient également être gênés par le fait de croiser les traits qui relient les cibles entre elles. Pour finir, les tests d'empan inversé semblaient trop compliqués pour des enfants d'âge préscolaire et encore plus pour les élèves allophones. Certains examinateurs ont alors décidé de s'écarter un peu du protocole établi pour ces élèves. D'autres éléments, explicités par Monette et Bigras (2008), sont généralisables à l'ensemble des tests de FE. Il est notamment difficile de mesurer les fonctions exécutives en général car elles interagissent fortement entre elles. La plupart des tâches font appel à plusieurs composantes en même temps, c'est la notion d'impureté des tâches. Par exemple, la dernière phase du TEGP utilise principalement les capacités d'inhibition de l'enfant, mais elle sollicite aussi probablement ses capacités de flexibilité pour changer le couples d'association (tête/pieds et épaules/genoux deviennent tête/genoux et épaules/pieds) et ses capacités de mémoire de travail pour mémoriser les différentes consignes et informations. Il est donc difficile d'isoler une seule composante et ce d'autant plus chez les jeunes enfants. De même, la faible étendue des scores et les effets de plafond parfois constatés remettent en question la sensibilité des tests et restreignent leur utilisation à de courtes tranches d'âge.

Toutefois, les résultats obtenus restent encourageants et il serait intéressant de réaliser l'étude avec un échantillon plus grand et plus varié. Cela permettrait d'obtenir des résultats d'autant plus fiables et intéressants.

Il aurait pu être intéressant d'observer l'impact des stratégies de résolution (structurante, figurative et aléatoire) employées sur le temps de résolution du puzzle, les liens entre les résultats aux différents tests de fonctions exécutives ou encore l'évolution des performances de FE en fonction de l'âge des enfants.

5.2. Apports professionnels

Lors de cette étude, le fait d'alterner entre la posture d'enseignant et celle de chercheur a parfois été difficile mais m'a beaucoup apporté pour mon métier. Il a parfois été frustrant de ne pas mettre en place certaines activités de classe pouvant constituer un entraînement aux

tests. Je souhaitais, par exemple, apprendre une chanson anglaise, intitulée « Head and shoulders, knees and toes », associée à une chorégraphie où les enfants touchent successivement tête, épaules, genoux et pieds. Je n'ai pu leur apprendre qu'une fois les tests passés pour chaque enfant. Nous ne devons pas non plus enseigner la stratégie structurante, supposée plus efficace en matière de temps, à nos élèves avant qu'ils n'aient réalisé le puzzle. Ce travail m'a également apporté de meilleures connaissances concernant les fonctions exécutives et une meilleure compréhension de leur implication dans le milieu scolaire. En effet, je connais maintenant l'évolution typique des fonctions exécutives et les conditions environnementales, notamment scolaires, qui favorisent leur développement. Ainsi, en étant à l'écoute des besoins et des sollicitations de mes élèves et en instaurant des règles et un fonctionnement clairs et justes, je favorise un climat de classe serein et soutiens mes élèves dans leur développement cognitif. Être attentive aux conditions favorables aux FE et être vigilante au bon développement des FE chez mes élèves fait de moi une meilleure professeure des écoles.

De plus, les FE participent à la plupart des activités proposées dans le cadre scolaire et je suis désormais davantage capable d'identifier les processus cognitifs en jeu. Ainsi, je peux dorénavant tenir compte des fonctions exécutives au sein des activités que je propose à mes élèves. Je peux, d'une part, leur proposer des activités, comme des puzzles ou des problèmes, dans le but de renforcer leurs capacités. D'autre part, je peux veiller à la part des FE impliquées dans les activités que je propose, notamment lors des évaluations. Par exemple, si je cherche à évaluer les compétences de mes élèves dans l'algorithme de la soustraction, je veillerai à ne pas le faire à travers un problème soustractif mais uniquement à travers l'exécution de soustractions posées, dans le but de ne pas pénaliser les enfants dont les FE sont moins développées.

Enfin, je peux également répondre aux besoins spécifiques des enfants présentant des déficits dans les fonctions exécutives, peu importe leur origine. Les déficits d'inhibition chez les élèves compliquent leur gestion de leurs comportements. Pour mes élèves qui ne peuvent s'empêcher de courir, je rappelle la règle avant de rentrer en classe et prends par la main un élève pour imposer le rythme de marche et montrer l'exemple. La gestion des interférences est également plus difficile en cas de défaut d'inhibition. Ainsi, je veille à placer les élèves qui se laissent facilement distraire dans un lieu plus calme de la classe et loin des élèves les plus

agités. Pour compenser des problèmes en termes de mémoire de travail, il est envisageable d'écrire la consigne au tableau pour les élèves en élémentaire ou de la répéter plusieurs fois pour les élèves de maternelle. Il existe également des outils qui permettent de suivre un raisonnement comme de petits guides avec des schémas ou des étapes à suivre. J'ai eu l'occasion d'en observer dans une classe de CE2 pour la présentation du cahier du jour ou encore comment corriger sa dictée. En maternelle, j'utilise souvent la répétition associée à des pictogrammes ou des illustrations qui me permettent aussi de faire répéter aux enfants eux-mêmes les étapes à suivre, par exemple pour se préparer à sortir en récréation. Enfin, les déficits de flexibilité peuvent être compensés par l'élaboration et la présentation quotidienne d'un emploi du temps régulier. En repérant l'activité en cours, l'enfant peut identifier et se préparer à l'activité suivante. Il peut aussi être judicieux d'expliquer les changements à venir aux élèves en difficulté en termes de flexibilité, par exemple pour les sorties à venir ou même l'arrivée ou le départ d'un nouvel élève. En prenant en compte les capacités effectives des enfants dans les différentes fonctions exécutives, l'enseignant favorise l'intégration des élèves à besoins spécifiques, notamment les élèves en grandes difficultés ou en situation de handicap.

A titre personnel, j'ai travaillé comme enseignante en activités physiques adaptées au sein de structures spécialisées dans l'accueil d'enfants en situation de handicap. J'ai donc pris en charge des enfants présentant des troubles du spectre autistique ou encore des déficiences intellectuelles. Grâce à cet écrit, j'ai compris certaines de leurs attitudes et l'importance des rituels au regard des fonctions exécutives. Cela renforce ma volonté de me former davantage afin de prendre en charge, à terme, des classes spécialisées.

Conclusion

Ainsi, cette étude confirme l'ensemble des hypothèses que nous avons émises reliant les capacités en termes de fonctions exécutives à la vitesse de résolution des puzzles. Ces résultats sont encourageants et ouvrent à la perspective d'envisager les puzzles comme un outil permettant de diagnostiquer un éventuel déficit de fonctions exécutives. Pour résoudre un puzzle, il n'est pas nécessaire de savoir lire ou écrire, de connaître l'ordre alphabétique ou numérique ou même de maîtriser des compétences langagières, ce qui fait du puzzle un test particulièrement adapté aux compétences des enfants d'âge préscolaire.

Dans le métier de professeur des écoles, il est essentiel de prendre conscience de l'importance des fonctions exécutives dans les enjeux scolaires et des moyens pour les développer et les renforcer. De fait, il est nécessaire de proposer à nos élèves des activités de résolution de problème sollicitant et renforçant les fonctions exécutives, tout comme leur sont proposées des activités d'entraînement aux diverses compétences scolaires. Enfin, il est un devoir pour l'enseignant de créer les conditions d'accueil favorisant le bien-être et le bon développement de ses élèves, que ce soit pour leurs capacités cognitives, affectives ou sociales.

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, CTREQ, Projet Savoir, Troisième dossier.

Chevalier, N. (2010). Les fonctions exécutives chez l'enfant : concepts et développement, *Canadian Psychology*, 51 (3), p. 149-163.

Cordier, F. & Pestel J. (1986). Le puzzle : étude expérimentale d'un jeu à embarrasser, *Enfance*, 39 (4), p.445-451.

Dictionnaire Larousse, Définitions du mot « puzzle »

Repéré à <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/puzzle/65212>, le 25/05/2020.

Fourneret, P. & des Portes, V. (2017). Approche développementale des fonctions exécutives : du bébé à l'adolescence, *Archives de Pédiatrie*, 24 (1), p. 66-72.

Garcia, A.C. (2013). Explorers, Detectives, Matchmakers, and Lion Tamers : Understanding Jigsaw Puzzlers' Techniques and Motivations, *American Journal of Play*, 5(3), p.308-332.

MENESR (2015) Programme d'enseignement de l'école maternelle, *Bulletin officiel spécial n°2 du 26 mars 2015*

Repéré à https://www.education.gouv.fr/bo/15/Special2/MENE1504759A.htm?cid_bo=86940#ecole, le 25/05/2020.

Ministre de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse (2018). La résolution de problèmes à l'école élémentaire, *Bulletin officiel spécial n°3 du 5 avril 2018*

Repéré à <https://www.education.gouv.fr/bo/18/Special3/MENE1809043N.htm>, le 25/05/2020.

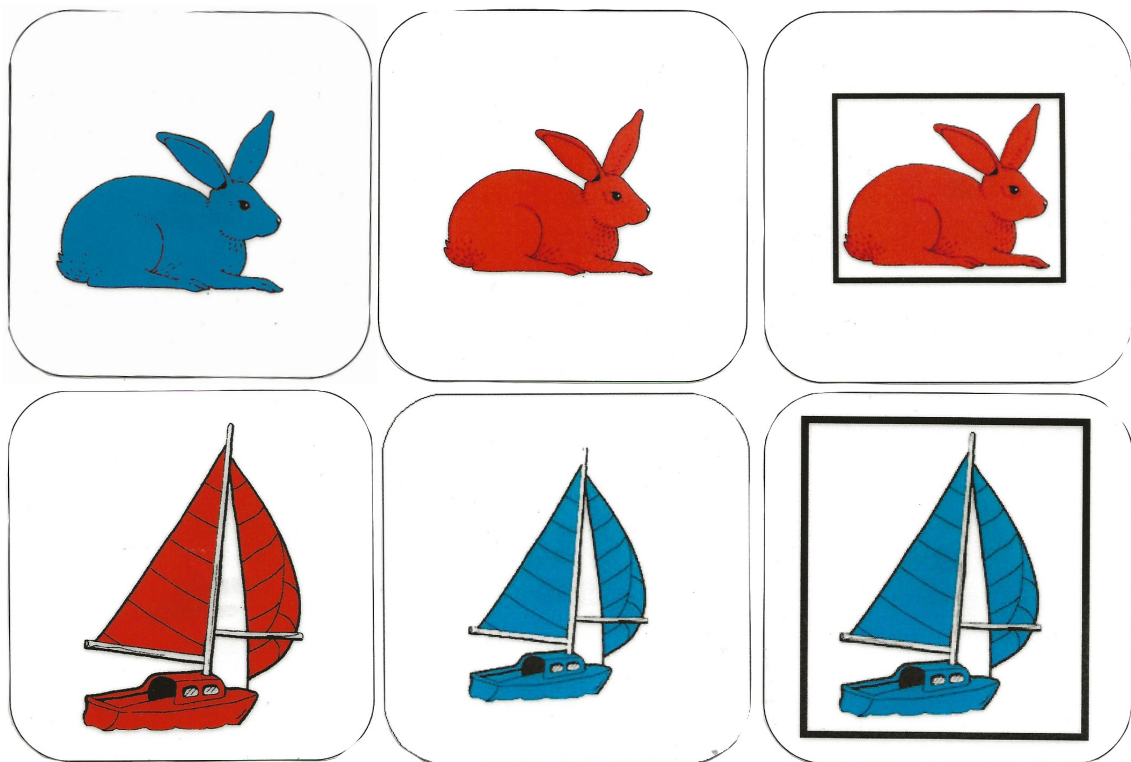
Monette, S. & Bigras, M. (2008). La mesure des fonctions exécutives chez les enfants d'âge préscolaire, *Canadian Psychology*, 49 (4), p. 323-341.

Richard, J.F. (1997). La résolution de problèmes, *Recherche en soins infirmiers*, 50, p.47-54.

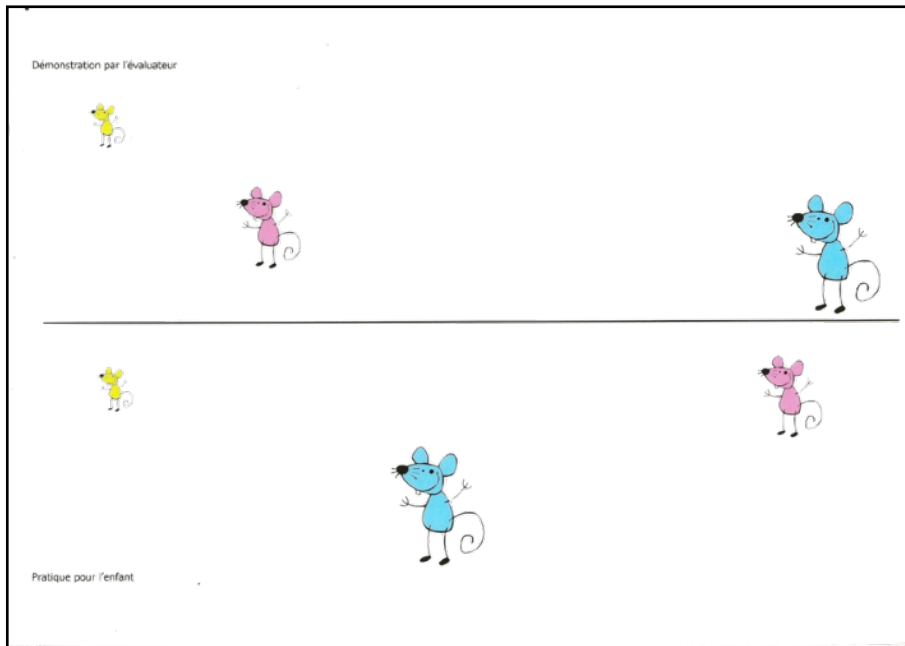
Annexes

Annexe 1 - Cartes utilisées lors du DCCS	1
Annexe 2 - Première planche de tracé du Trail-P permettant de faire la démonstration de l'examineur et l'entraînement de l'enfant	2
Annexe 3 - Quatrième planche de tracé du Trail-P permettant l'évaluation	2
Annexe 4 - Exemple de production d'élève pour la dernière planche du Trail-P	3
Annexe 5 - Visuels de l'enseignant et de l'enfant au test d'empan avec les blocs de Corsi	3
Annexe 6 - Puzzle utilisé pour le test	4
Annexe 7 - Visuels d'oursins utilisé pour expliquer les stratégies de résolution de puzzles	4

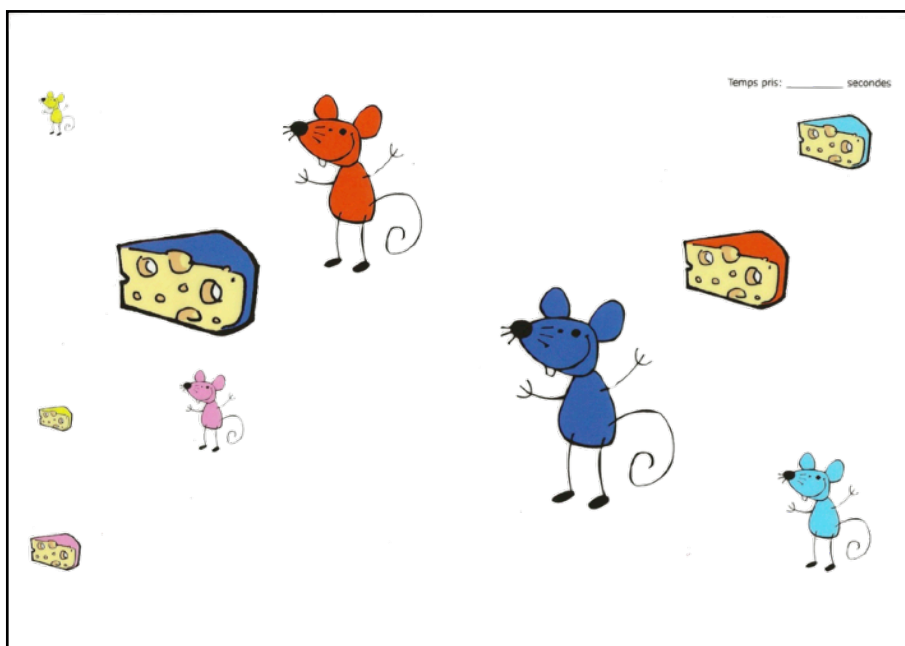
Annexe 1 - Cartes utilisées lors du DCCS



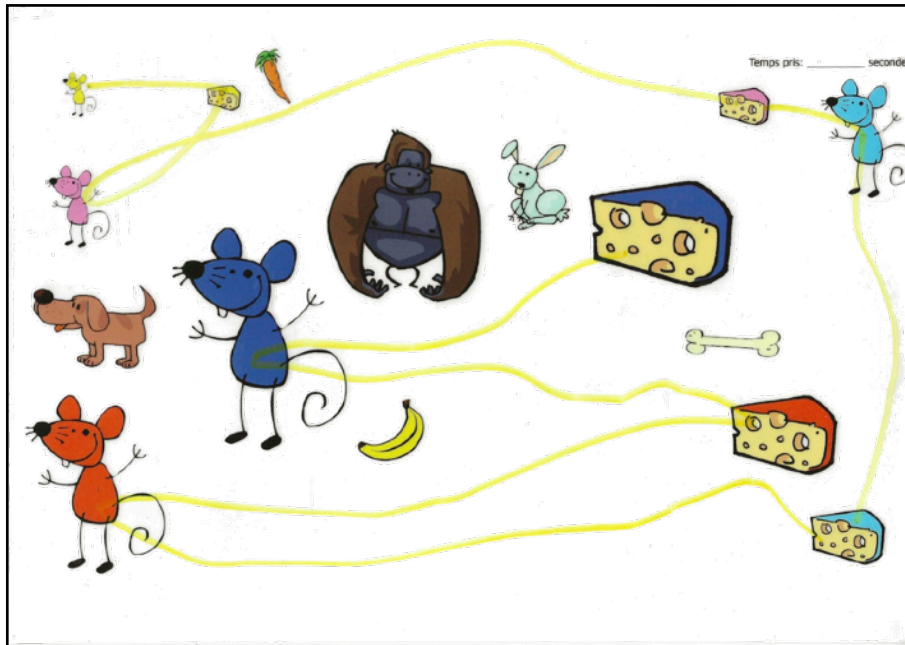
Annexe 2 - Première planche de tracé du Trail-P permettant de faire la démonstration de l'examineur et l'entraînement de l'enfant



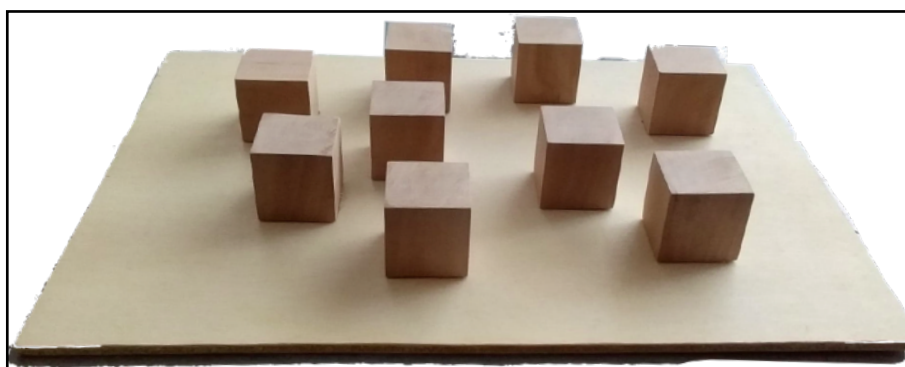
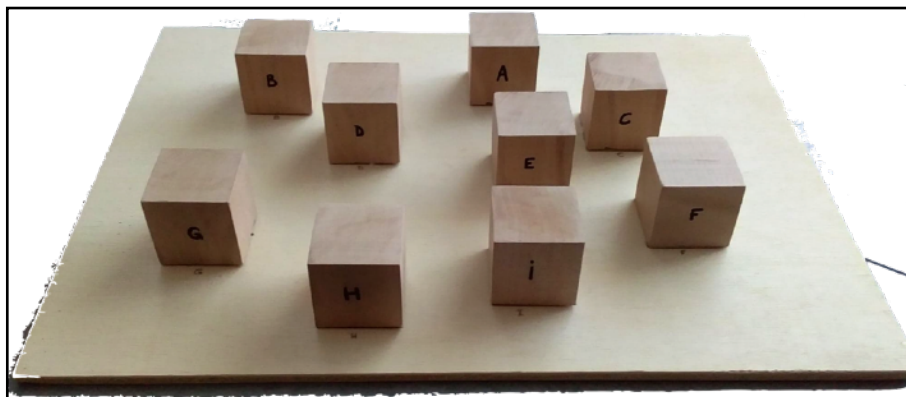
Annexe 3 - Quatrième planche de tracé du Trail-P permettant l'évaluation



Annexe 4 - Exemple de production d'élève pour la dernière planche du Trail-P



Annexe 5 - Visuels de l'enseignant et de l'enfant au test d'empan avec les blocs de Corsi



Annexe 6 - Puzzle utilisé pour le test



Annexe 7 - Visuels d'oursons utilisé pour expliquer les stratégies de résolution de puzzles



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 : Mathilde VESIN

Résumé : Les fonctions exécutives sont impliquées dans les activités nouvelles et/ou complexes telles que les activités de résolution de problème dont font partie les puzzles. Nous avons émis l'hypothèse que plus les enfants présentent des capacités élevées en termes de fonctions exécutives, plus leurs capacités en résolution de puzzles seront élevées également. Le but de cette étude est de mettre en évidence les liens qui relient les différentes composantes des fonctions exécutives, à savoir l'inhibition, la mémoire de travail et la flexibilité, et la vitesse de résolution d'un puzzle, chez les enfants de maternelle.

Mots clés : fonctions exécutives, inhibition, mémoire de travail, flexibilité, puzzle, école maternelle

Abstract: Executive functions are involved in new and/or complex activities such as problem solving activities that include jigsaw puzzles. We hypothesised that the more children have high capacities in terms of executive functions, the higher their capacities for solving puzzles will also be. The aim of this study is to bring the links which connect the different components of executive functions namely inhibition, working memory and flexibility, and the speed of solving jigsaw puzzles to light for nursery pupils.

Keywords: executive functions, inhibition, working memory, flexibility, jigsaw puzzle, nursery school