



HAL
open science

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

Christine Vellard

► **To cite this version:**

Christine Vellard. Contrôler ses comportements et ses cognitions facilite-t-il la réalisation d'un puzzle ?. Education. 2021. dumas-03703961

HAL Id: dumas-03703961

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03703961>

Submitted on 24 Jun 2022

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

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

Année universitaire 2020-2021

**Diplôme universitaire *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 Christine VELLARD

Écrit scientifique réflexif encadré par Jérôme CLERC

Sommaire

Introduction	1
1. Puzzles et fonctions exécutives	2
1.1 Les puzzles	2
1.1.1 Définition et histoire	2
1.1.2 L'utilisation du puzzle à l'école maternelle	3
1.1.3 L'intérêt pédagogique des puzzles	4
<i>1.1.3.1 Les compétences mobilisées pour la réalisation d'un puzzle</i>	4
<i>1.1.3.2 Les stratégies de résolution de puzzle</i>	5
1.2 Les fonctions exécutives	6
1.2.1 Définition	6
<i>1.2.1.1 La mémoire de travail</i>	7
<i>1.2.1.2 L'inhibition</i>	8
<i>1.2.1.3 La flexibilité mentale</i>	8
1.2.2 Le développement des fonctions exécutives chez le jeune enfant	9
<i>1.2.2.1 Développement de l'inhibition, de la mémoire de travail et de la flexibilité mentale</i>	9
<i>1.2.2.2 Facteurs du développement des fonctions exécutives</i>	10
1.2.3 La mesure des fonctions exécutives chez les enfants d'âge préscolaire	11
<i>1.2.3.1 Les épreuve-type évaluant les fonctions exécutives</i>	11
<i>1.2.3.2 Difficultés de l'évaluation des fonctions exécutives</i>	12
1.3 Le rôle des fonctions exécutives dans la réalisation d'un puzzle	13
2. Problématique	14
3. Méthodologie utilisée	15
3.1 Participants à l'expérimentation	15
3.2 Test des fonctions exécutives	15
3.2.1 Test d'empan mnésique	15
3.2.2 Test du « tête – épaules – genoux – pieds »	16
3.2.3 Test de tri de cartes à changement de dimension	18
3.2.4 Test de traçage de piste	19

3.3 Réalisation du puzzle	20
4. Résultats	21
4.1 Analyse de moyennes et d'écart-type	21
4.2 Analyses de régression et recherches de corrélation	22
5. Discussion	24
5.1 Validation des hypothèses	24
5.3 Limites de l'étude	26
5.3 Perspectives de l'étude	28
5.4 Apports professionnels de l'ESR	29
Conclusion	30
Bibliographie	31

Introduction

Tout le monde connaît le principe du puzzle grâce à sa présence dans le cercle familial et dans le milieu scolaire en particulier à l'école maternelle. Ce jeu est en effet recommandé par les programmes officiels depuis la création de l'école maternelle en 1886. Il est en particulier utilisé en autonomie par exemple lors du temps d'accueil ou lorsqu'un élève a fini son travail en avance. Les élèves se tournent assez spontanément vers cette activité et prennent manifestement plaisir à refaire plusieurs fois leurs puzzles préférés témoignant ainsi qu'ils y trouvent un intérêt personnel. L'analyse didactique de cette activité met en lumière sa complexité : la réalisation d'un puzzle est une situation-problème qui nécessite de recourir de manière simultanée à un grand nombre de compétences motrices, cognitives et logiques. Les recherches en neurosciences et en psychologie développementale attribuent aux fonctions exécutives un rôle essentiel pour mener à bien ce type de tâches dans la mesure où elles assurent le contrôle des cognitions et des comportements pour atteindre un but précis. Elles soulignent de surcroît le rôle important que jouent les fonctions exécutives dans les apprentissages scolaires.

Le sujet du présent écrit scientifique réflexif consiste à interroger le lien existant entre les fonctions exécutives et la réalisation d'un puzzle chez les enfants d'âge préscolaire à l'aide d'une démarche hypothético-déductive. Nous nous demanderons en particulier dans quelle mesure les fonctions exécutives interviennent dans cette tâche.

Dans un premier temps, nous définirons le cadre théorique de notre réflexion en proposant quelques repères concernant d'une part l'activité de résolution de puzzle dans les classes de maternelle et d'autre part les fonctions exécutives et leur développement chez le jeune enfant. Dans un second temps sera présentée la méthode utilisée pour cette recherche et les résultats des tests auxquels ont été soumis les élèves seront rapportés. Dans un troisième temps, nous tirerons les conclusions de cette recherche et envisagerons les perspectives que ce travail ouvre pour l'exercice du métier de professeur des écoles.

1. Puzzles et fonctions exécutives

1.1 Les puzzles

1.1.1 Définition et histoire

Le puzzle, qui signifie en anglais « casse –tête », est un jeu de patience qui consiste à reconstituer une image découpée en morceaux. Les pièces de puzzle sont découpées de manière irrégulière afin que l'assemblage ne soit possible que si la pièce et ses voisines sont positionnées à la bonne place ce qui permet au joueur de savoir si sa proposition est valide ou non. La difficulté d'un puzzle est déterminée par le nombre de pièces, leur découpe, les indices figuratifs liés au dessin et les accessoires comme un modèle à l'échelle ou non, un cadre, etc. En modifiant ses éléments, ce divertissement peut convenir tant aux enfants qu'aux adultes : nous retrouvons de ce fait sous l'appellation puzzle une grande diversité allant des encastrements aux puzzles en trois dimensions en passant par les puzzles géométriques comme le tangram. Dans cet écrit scientifique réflexif, nous nous concentrerons uniquement sur les puzzles « classiques » en deux dimensions.

L'invention du puzzle est attribuée au Britannique John Spilsbury dans les années 1760. Ce graveur et cartographe eut l'idée de découper des cartes géographiques collées sur un support en bois à l'aide d'une scie à chantourner, ancêtre de la scie sauteuse. Cette invention était destinée à faciliter l'apprentissage de la géographie. Petit à petit, les images se diversifiant, le puzzle devient un jeu dans les milieux aisés du fait de son coût onéreux. Cependant, il faut attendre la fin du XIX^{ème} siècle pour que le puzzle devienne accessible à tous grâce aux économies permises par l'industrialisation de sa fabrication et l'utilisation du carton au lieu du bois entre autres. Durant cette période très concurrentielle, les entreprises spécialisées de puzzles ont diversifié ce jeu afin de l'adapter à un public de plus en plus large en variant sa forme (encastrements, trois dimensions...) ou les images choisies. Le XXI^{ème} siècle voit une nouvelle évolution de ce jeu qui s'adapte à l'essor du numérique. Des puzzles personnalisés créés à la demande du joueur à partir de photos émergent également (Bellis, 2020).

Le puzzle a très rapidement été employé par les enseignants comme outil pédagogique. Le « jeu de patience » puis le puzzle est explicitement mentionné dans les programmes d'enseignement de l'école maternelle dès la création de celle-ci. Historiquement, les puzzles étaient présents également dans les classes d'élémentaire où ils servaient de support pédagogique pour l'enseignement de la géographie puis de l'histoire et des leçons de choses en lien avec les dessins qu'ils représentaient. Il est intéressant de noter que les objectifs

pédagogiques associés au puzzle ont évolué au cours du temps. Aujourd'hui, les puzzles sont l'apanage des classes de maternelle et appartiennent au champ des apprentissages géométriques et spatiaux.

1.1.2 L'utilisation du puzzle à l'école maternelle

Dans les programmes officiels de l'école maternelle en vigueur actuellement, les puzzles apparaissent dans le domaine « construire les premiers éléments pour structurer sa pensée » et plus spécifiquement sous la rubrique « explorer des formes, des grandeurs et des suites organisées » (MENESR, 2020). Il est attendu de l'élève en fin de cycle 1 qu'il soit capable de « reproduire un assemblage à partir d'un modèle (puzzle, pavage, assemblage de solides) » (*Ibid.*, p. 22). L'acquisition de cette compétence s'effectue petit à petit non seulement en confrontant régulièrement les élèves à des puzzles dont la difficulté augmente à mesure qu'ils progressent mais également en mettant en place des séquences d'apprentissage dédiées.

Dans les classes de maternelle, les puzzles sont souvent utilisés en autonomie par les élèves lors des temps d'accueil, d'ateliers autonomes ou lorsqu'ils ont fini leur travail en avance. Le puzzle se prête en effet particulièrement à l'autonomie des élèves car il est auto-validant, les pièces ne s'emboîtant facilement que si la solution proposée est juste. Certains élèves ont toutefois besoin d'un étayage supplémentaire pour intégrer cette dimension et abandonner la tentation de forcer. Dans cette perspective d'utilisation autonome des puzzles, les enseignants mettent en place une organisation qui vise à permettre à chaque élève de trouver dans la classe un puzzle à son niveau. Pour ce faire, ils analysent le niveau de difficulté des puzzles disponibles à partir du nombre et de la forme de pièces, de la présence ou non d'un modèle à l'échelle, des éventuels indices apparaissant sur le support sur lequel réaliser le puzzle (cadre, marques de l'emplacement des pièces,...) et élaborent une progression qui donne lieu à une simple rotation des puzzles mis à disposition en classe ou à la mise en place d'outils type brevets de puzzles en fonction du degré d'autonomie des élèves.

Les puzzles peuvent aussi faire l'objet de séances d'apprentissage spécifiques visant la réalisation d'un puzzle et/ou les compétences qui y sont nécessaires que nous définirons plus bas. L'enseignant est alors amené à définir des objectifs précis d'apprentissage en fonction des compétences de ses élèves et à imaginer des activités en conséquence. Par exemple, nous pourrions imaginer une séquence visant à passer d'une stratégie aléatoire à une stratégie figurative ou structurante en proposant aux élèves de trier les pièces selon des critères donnés (motifs ou formes) et d'assembler en premier toutes les pièces d'une catégorie.

Enfin, les puzzles sont parfois utilisés comme un matériel pédagogique. Dans ce cas, être capable de réaliser un puzzle sert de pré-requis pour l'acquisition d'une autre compétence visée et le puzzle proposé alors est sensé déjà être maîtrisé par les élèves. Un exemple fréquent est le puzzle de la couverture d'un album qui vise davantage l'acculturation à l'écrit que la réalisation du puzzle à proprement parler.

La place importante accordée au puzzle à l'école maternelle témoigne de la richesse pédagogique de ce jeu. Les compétences qu'il mobilise dépassent en effet le cadre du domaine mathématique auquel il est rattaché.

1.1.3 L'intérêt pédagogique des puzzles

1.1.3.1 Les compétences mobilisées pour la réalisation d'un puzzle

Sous un aspect ludique, faire un puzzle nécessite de mobiliser un grand nombre de compétences de manière simultanée ou successive :

- la motricité fine pour manipuler les pièces et réaliser les emboitements ;
- le sens de l'observation et la mémoire pour reconnaître des éléments identiques sur le modèle et sur les pièces et associer les couleurs et les formes adéquates ;
- le repérage dans l'espace du plan pour structurer l'espace du puzzle (coins/contours/milieu), situer les éléments les uns par rapport aux autres et les orienter ;
- la projection pour associer des formes pleines et leurs homologues en creux et anticiper les caractéristiques des pièces non placées ;
- le raisonnement logique pour organiser la tâche, catégoriser les pièces en fonction de leur forme (contour ou non), leurs couleurs, mettre en place une stratégie appropriée, contrôler la validité des emboitements effectués et se corriger si besoin ;
- la concentration pour maintenir son attention jusqu'à la fin de la tâche.

Les caractéristiques propres au puzzle choisi peuvent influencer sur les compétences nécessaires à sa réalisation. Par exemple, des pièces de petite taille nécessitent une meilleure maîtrise de la motricité fine tout comme un dessin simple demande moins de projection. Autant il est facile d'adapter le puzzle proposé aux capacités d'un élève, autant il est difficile d'aider un élève à faire un puzzle sans le faire à sa place. Une piste pour faire progresser les élèves en puzzle est de les amener à maîtriser les différentes stratégies possibles. L'objectif sera alors que les élèves connaissent différentes stratégies, soient capables de choisir la plus adaptée au puzzle ciblé, la mettent en pratique avec succès.

1.1.3.2 Les stratégies de résolution de puzzle

Dans un puzzle, chaque pièce a une place définie où elle s'emboîte avec les pièces voisines et le dessin concorde mais l'ordre dans lequel les pièces doivent être assemblées est ouvert : le joueur peut choisir de commencer par n'importe quelle pièce et de continuer en trouvant ses voisines ou un tout autre morceau du puzzle. Chaque pièce correctement placée ouvre la possibilité de placer d'autres pièces. Par ailleurs, le puzzle fournit de plus en plus d'indices au fur et à mesure que le joueur progresse. Cette situation à la fois déterminée et ouverte accepte différentes stratégies de résolution.

Garcia (2013) décrit différentes manières possibles de réaliser un puzzle. Elle évoque d'abord l'utilisation du modèle sur la boîte que certains rejettent catégoriquement tandis que d'autres consultent avant de placer chaque pièce. Entre ces deux extrêmes, des joueurs y recourent lorsqu'ils sont bloqués. Elle évoque ensuite la manière de gérer les pièces à placer en les gardant dans la boîte ou en les étalant face visible. Enfin, elle détaille les critères de tri des pièces. La plupart des joueurs commence par distinguer les pièces du contour puis trient les pièces en fonction de leur couleur, des éléments figuratifs représentés dessus ou de leur forme. Elle souligne par ailleurs des écarts dans l'organisation de la tâche : certains avancent au gré des pièces qu'ils rencontrent, d'autres restent focalisés sur l'ordre qu'ils se sont fixés. De cet inventaire détaillé, nous pouvons extraire trois types de stratégies pour réaliser un puzzle, qu'il peut être nécessaire de combiner en fonction des caractéristiques propres au puzzle choisi :

- les stratégies figuratives qui s'appuient sur l'image à reconstituer. Le joueur se focalise sur les couleurs et les motifs figurant sur les pièces afin de les associer.
- les stratégies structurantes qui reposent sur la structure spatiale du puzzle. Il s'agit par exemple d'identifier grâce à leur(s) bord(s) droits les pièces formant le contour et de le réaliser en premier afin de structurer l'espace du puzzle.
- les stratégies aléatoires dans laquelle les pièces sont choisies au hasard et les emboitements gérés par essai-erreur. La réussite de cette stratégie, vite dépassée si le nombre de pièces augmente significativement, est fortement subordonnée à la motricité fine des joueurs.

Le choix d'une stratégie influe nécessairement sur les compétences convoquées afin de réaliser le puzzle. Par exemple, une stratégie structurante demandera davantage de catégoriser

en fonction de la forme tandis qu'une stratégie figurative sollicitera plus le sens de l'observation.

Les travaux de Cordier & Pestel (1986) ont prouvé la prépondérance des stratégies figuratives chez les enfants d'âge préscolaire allant jusqu'à douter de l'utilisation des indices liés à la forme des pièces si l'enfant n'y est pas obligé par les spécificités du puzzle choisi ou l'adulte. Cependant, leurs données prouvent que les élèves ont les compétences nécessaires pour utiliser des stratégies structurantes. Les chercheuses expliquent cette impasse généralisée par l'importance accordée à la figuration dans le milieu scolaire (dessin, description d'images...). Elles mentionnent toutefois la limite des indices liés à la forme des pièces qui ne sont significatifs que pour le pourtour du puzzle.

En définitive, le puzzle est donc une activité très complexe qui mobilise simultanément un éventail de compétences et nécessite l'élaboration de stratégies adaptées au puzzle choisi. Cette activité nécessite donc de la part du joueur des habiletés cognitives de haut niveau.

1.2 Les fonctions exécutives

1.2.1 Définition

Il est difficile de proposer une définition exhaustive des fonctions exécutives dans la mesure où les chercheurs ne s'accordent pas à l'heure actuelle sur un modèle théorique à ce sujet. Nous pouvons retenir néanmoins la définition de Miyake et ses collaborateurs largement acceptée par la communauté scientifique : « 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, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter & Wager, 2000 cité par Chevalier, 2010). Les fonctions exécutives sont en particulier impliquées lorsque l'individu réalise des tâches complexes ou lorsqu'il est confronté à une situation nouvelle. Elles permettent également de réguler les émotions et par conséquent les comportements sociaux. Certains chercheurs introduisent une distinction dans les fonctions exécutives en fonction du contexte dans lesquelles elles s'appliquent. Les fonctions exécutives chaudes interviennent dans les situations ayant un enjeu affectif ou motivationnel tandis que les fonctions exécutives froides s'exercent dans des raisonnements purement rationnels. Les recherches récentes suggèrent qu'elles ne mobilisent pas exactement les mêmes zones du cortex préfrontal (Monette & Bigras, 2008).

La plupart des chercheurs s'accordent à distinguer trois composantes essentielles des fonctions exécutives : la mémoire de travail, l'inhibition et la flexibilité mentale auxquelles s'ajoutent parfois la planification. Le schéma de Diamond (2013) présenté dans une version simplifiée en figure 1 permet de visualiser ces différentes composantes et les relations qu'elles entretiennent.

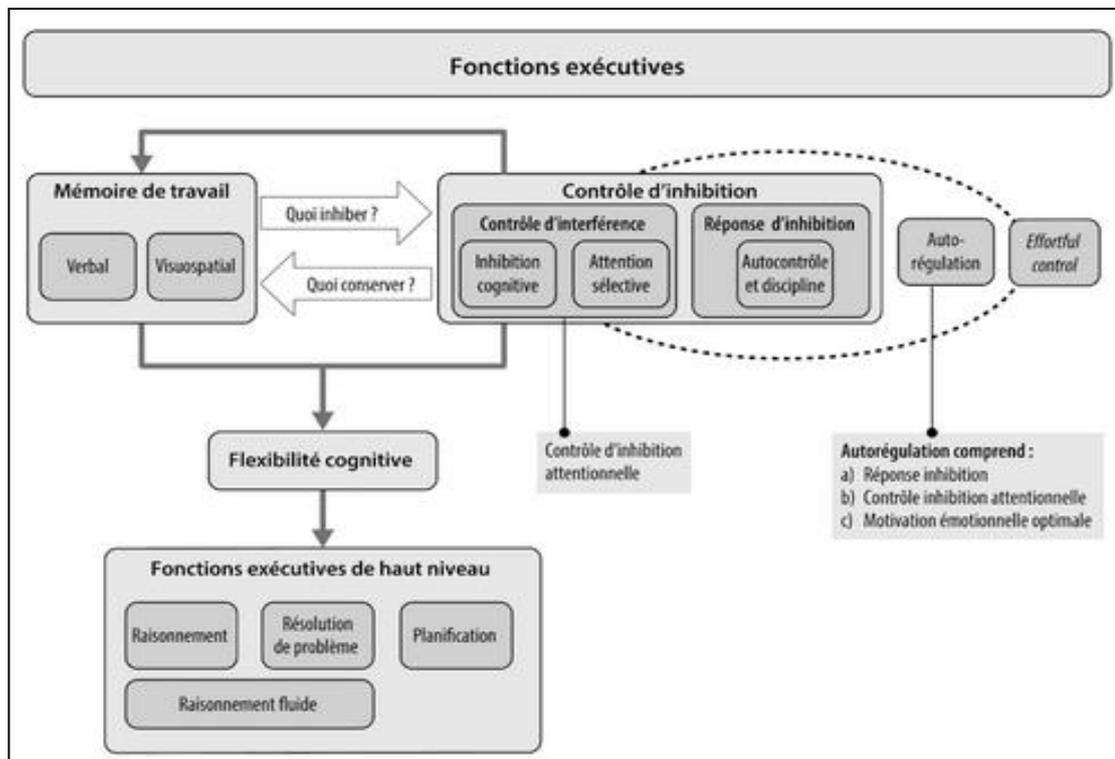


Figure 1 : Modèle des fonctions exécutives de Diamond (2013)

1.2.1.1 La mémoire de travail

La mémoire de travail peut être définie comme « un système dévolu au maintien et au traitement simultanés d'informations utiles à la réalisation d'activités cognitives complexes. » (Chevalier, 2010, p.150). Elle est limitée à deux titres dans la mesure où seul un nombre restreint d'informations nommé empan peut être retenu et traité à la fois dans un laps de temps relativement court. Les travaux de Baddeley et Hitch mettent en avant deux composantes de la mémoire de travail : le calepin visuo-spatial qui stocke les informations visuelles et spatiales sous forme d'images mentales et la boucle phonologique qui conserve les informations verbales (Chevalier, 2010).

Cependant, les chercheurs ne s'accordent pas tout à fait pour savoir si la mémoire de travail telle qu'elle a été décrite plus haut dans sa double fonction de stockage et de traitement de l'information est une fonction exécutive ou si seule la mise à jour des informations entre

dans ce cadre. Le test des empan inverses choisi pour évaluer la mémoire de travail dans le cadre de cet écrit adhère plutôt à la seconde affirmation.

1.2.1.2 L'inhibition

L'inhibition correspond au « processus qui permet de bloquer ou de supprimer des informations ou des réponses non pertinentes pour l'objectif à atteindre » (Simpson & Riggs, 2007 cité par Chevalier 2010, p. 152). Cette définition insiste sur le double rôle de l'inhibition : la capacité de bloquer en prévention des informations distractives entrantes et celle d'empêcher des réponses prépondérantes automatiques sortantes. Les tests du traçage de piste et du tête-épaules-genoux-pieds qui seront utilisés par la suite dans ce travail tiennent compte de ces deux dimensions.

Les chercheurs affinent la connaissance de ce fonctionnement en distinguant plusieurs catégories d'inhibition (Virat & Clerc, 2017). Tout d'abord, l'inhibition cognitive consiste à retenir une réponse automatique ou à maintenir son attention focalisée en dépit des distractions de l'environnement. C'est le type d'inhibition qui est le plus sollicitée dans les apprentissages scolaires. Ensuite l'inhibition émotionnelle est la capacité à résister face à une tentation comme dans le célèbre test de la guimauve ou à réguler ses émotions. Enfin, l'inhibition comportementale permet de « se retenir d'émettre un comportement comme dans le jeu enfantin du « Jacques a dit » » (*Ibid.*, p. 34). De leur côté, Monette et Bigras (2008) utilisent les termes de chaud et froid pour différencier deux types d'inhibition : la capacité à tolérer un délai en vue de recevoir une gratification d'une part et le contrôle des cognitions d'autre part dans lequel ils regroupent l'inhibition cognitive et comportementale.

1.2.1.3 La flexibilité mentale

La flexibilité mentale peut être définie comme « la capacité à sélectionner de manière adaptative, parmi de multiples représentations pour un objet, de multiples stratégies ou de multiples registres de tâche, celle ou celui qui correspond le mieux aux caractéristiques d'une situation, et la capacité à changer son choix en fonction de modifications pertinentes dans l'environnement. » (Chevalier 2010, p.154).

La flexibilité mentale repose fortement sur les deux autres composantes des fonctions exécutives sans pour autant s'y résumer. En effet, mémoire de travail et inhibition sont nécessaires dans les tâches de flexibilité mentale : la mémoire de travail permet de se rappeler

des nouvelles consignes et l'inhibition permet de bloquer les réponses qui ne sont plus pertinentes.

1.2.2 Le développement des fonctions exécutives chez le jeune enfant

1.2.2.1 Développement de l'inhibition, de la mémoire de travail et de la flexibilité mentale

Les travaux de la recherche attestent que les fonctions exécutives se développent tout au long de l'enfance jusqu'au début de l'âge adulte. Cependant, les différentes composantes ne suivent pas tout à fait la même progression ce que détaille Chevalier (2010).

L'inhibition commence déjà à se développer chez les enfants vers 1 an comme le montrent leur performance à des épreuves du type « A non B » (on cache un objet sous les yeux de l'enfant et on lui demande de le retrouver, puis on change de cache). Elle se développe fortement durant la période préscolaire puis continue à progresser dans toutes ses composantes jusqu'à l'adolescence de manière plus graduelle. Petit à petit, les enfants deviennent capables d'attendre de plus en plus longtemps pour recevoir une gratification et parviennent à bloquer une réponse saillante avant de l'achever puis avant même de l'initier.

La mémoire de travail est observable chez les enfants dès 6 mois qui se souviennent de l'endroit où ils ont vu disparaître un objet et progresse de manière linéaire jusqu'à l'âge adulte. Progressivement, les enfants sont capables de retenir de plus en plus d'informations et de les traiter avant de les restituer.

La flexibilité mentale semble se mettre en place plus tard que les autres composantes des fonctions exécutives avec un tournant important vers 3-4 ans, âge à partir duquel les enfants deviennent capables de basculer d'une tâche à une autre. Elle progresse ensuite de manière linéaire permettant aux enfants d'effectuer plusieurs changements successifs de tâches puis de déterminer eux-mêmes la tâche à réaliser et le moment du changement de tâche.

Il est à noter que les chercheurs ne s'accordent pas complètement sur le développement des fonctions exécutives chez l'enfant. Duval et Montminy (2018) dressent un panorama des modèles théoriques à ce sujet. Le modèle unitaire part de l'hypothèse que les fonctions exécutives sont à l'origine indifférenciées et se spécialisent progressivement avec le temps et les situations rencontrées durant la période préscolaire faisant alors émerger les composantes citées précédemment. Cette différenciation s'effectue de manière séquentielle en commençant par la mémoire de travail puis l'inhibition et enfin la flexibilité. Le modèle

unité/diversité suppose que la mémoire de travail, l'inhibition et la flexibilité sont distinctes mais s'appuient sur des processus communs. En tout état de cause, le développement des fonctions exécutives est progressif et suit « le rythme de développement de chacun, et non un cadre fixe et invariable pour tous les individus » (Duval & Montminy, 2018, p. 98) ce qui amène à interroger les facteurs en jeu.

1.1.2.2 Facteurs du développement des fonctions exécutives

Deux types de facteurs sont à l'œuvre dans le développement des fonctions exécutives : les facteurs liés à l'enfant lui-même qui sont d'ordre biologique et génétique et les facteurs liés à l'environnement dans lequel évolue l'enfant c'est-à-dire le milieu familial et le milieu scolaire.

Le cortex préfrontal est le siège identifié des fonctions exécutives. Sa maturation est plus longue que celle des autres régions du cerveau et s'étend de la petite enfance jusqu'à l'âge adulte, ce qui explique le développement long et progressif des fonctions exécutives. (Roy, s. d.). Des différences interindividuelles dans la maturation et la structure du cortex préfrontal sont notables, les spécialistes les expliquent par des raisons génétiques.

En outre, l'environnement dans lequel évolue l'enfant a un impact sur ses fonctions exécutives du fait de la plasticité du cerveau. Les études à partir d'indicateurs portant sur le revenu familial et le niveau d'étude des parents, ont montré que les enfants et adolescents issus d'un milieu socioéconomique favorisé ont de meilleures performances que les enfants issus de milieux plus défavorisés. Cet écart est particulièrement marqué dans les épreuves impliquant fortement le langage. De plus, une relation positive a été établie entre la qualité de la relation parent-enfant et les pratiques éducatives (étayage, autonomie...) d'une part et les performances des fonctions exécutives d'autre part. Enfin, de récents travaux mettent en évidence une influence de la culture sur le développement des fonctions exécutives. Les disparités constatées entre les enfants de pays différents s'expliqueraient par le fait que certaines capacités soient plus ou moins encouragées ou réprimées en fonction des cultures. (Roy, 2015)

Il existe également une relation forte entre le milieu éducatif et les fonctions exécutives.

« Il est démontré que les FE de l'enfant de la maternelle prédisent ses succès futurs (Foy et Mann, 2012; Mann et al., 2016). À titre illustratif, Blair et Razza (2007) ont montré que les composantes « mémoire de travail » et « inhibition » permettraient de prédire le rendement scolaire des enfants en mathématiques et en lecture, dès leur entrée au primaire. » (Duval & Montminy, 2018, p. 95)

Cette corrélation s'explique par le fait que les situations d'apprentissage nécessitent de recourir aux fonctions exécutives et réciproquement les fonctions exécutives se développent et s'entraînent lors des situations d'apprentissage. L'école peut donc être un lieu d'entraînement des fonctions exécutives, la plasticité du cerveau permettant d'influer favorablement sur le développement des fonctions exécutives en les exerçant (Chevalier, 2010). Si ces habiletés cognitives sont observables lorsque l'enfant est en situation de les employer, les chercheurs ont également mis en place des tests qui permettent de mesurer plus finement les performances des fonctions exécutives.

1.2.3 La mesure des fonctions exécutives chez les enfants d'âge préscolaire

1.2.3.1 Les épreuve-type évaluant les fonctions exécutives

Au regard de la complexité des fonctions exécutives, il est nécessaire pour les mesurer de s'appuyer sur plusieurs tests à la fois. Monette et Bigras (2008) décrivent un large éventail d'épreuves existantes pour chacune des composantes des fonctions exécutives. Nous nous limiterons ici à décrire les épreuves types et celles qui seront utilisées par la suite dans cette étude.

La mémoire de travail est testée à partir d'épreuves qui nécessitent de retenir des informations visuo-spatiales ou verbales et de leur faire subir un traitement (changer l'ordre, dénombrer) avant de les restituer. La mesure correspond au nombre d'éléments que le sujet peut garder en mémoire, traiter puis restituer sans erreur. Nous utiliserons pour notre part la triple épreuve des empans inverses (blocs de Corsi, chiffres, mots).

Les épreuves mesurant l'inhibition les plus connues sont de type *go/no go* et Tests de Performance Continue (*Continuous Performance Test* [CPT]). Il est demandé au sujet de répondre à un stimulus et de ne pas répondre à un autre. Seules les erreurs où le participant répond à un stimulus *no go* sont interprétées en termes de difficulté d'inhibition, les autres sont rapprochées de difficultés d'attention soutenue. Il existe également d'autres épreuves visant à rendre compte des divers aspects de la composante. Afin d'évaluer l'inhibition cognitive, le test de référence est celui de Stroop dans lequel le sujet doit nommer la couleur de l'encre d'une série de mots désignant la couleur. Ce test est adapté pour les non-lecteurs sous la forme « jour/nuit » où le sujet doit dire « jour » en présence d'une carte représentant la lune et « nuit » en présence d'une carte représentant le soleil. Les épreuves d'inhibition comportementale sont assez proches à la différence près que la réponse attendue est d'ordre motrice comme dans le Tête-Epaule-Genoux-Pieds où les enfants doivent toucher une autre

partie du corps que celle demandée. La mesure de l'inhibition correspond au nombre de réponses justes lors des épreuves. L'inhibition émotionnelle est testée quant à elle par des tests tels que celui de la guimauve où le sujet laissé seul dans une pièce doit s'abstenir de manger une guimauve pour en obtenir une deuxième.

La flexibilité est mesurée grâce entre autres au Test du Tri de Cartes à Changement de Dimension (DCCS) qui consiste à trier des cartes en fonction d'un critère établi qui change au cours de la tâche. Les difficultés de flexibilité mentale apparaissent dans les erreurs de persévération qui sont des erreurs répétées. De la même manière, le Test de Traçage de Pistes où il est demandé de relier des animaux par ordre de taille puis d'intercaler des éléments dans cette suite mesure la flexibilité en notant les erreurs de persévération et en calculant le « coût cognitif » c'est-à-dire la différence de temps entre la tâche de référence et celle impliquant de la flexibilité.

1.2.3.2 Difficultés de l'évaluation des fonctions exécutives

Il est toutefois important de noter les difficultés inhérentes à la mesure des fonctions exécutives en particulier chez les jeunes enfants dont Monette et Bigras (2018) dressent l'inventaire.

Les chercheurs se heurtent tout d'abord au phénomène d'impureté de la tâche. Il est difficile d'isoler une composante des fonctions exécutives dans la mesure où « il s'agit d'habiletés cognitives qui interagissent entre elles ou avec des processus cognitifs non exécutifs lors de la résolution de problème. » (Monette & Bigras, 2008, p. 326). Un moyen de remédier à cet écueil est d'utiliser plusieurs tests afin de croiser les données. Il est également nécessaire « d'effectuer un contrôle statistique pour annuler l'effet de l'âge, du vocabulaire ou du QI » (*Ibid.*, p. 327) Cette difficulté est de surcroît accentuée par l'indifférenciation des fonctions exécutives chez les jeunes enfants.

Par ailleurs, le jeune âge des enfants implique qu'ils aient un éventail de connaissances et de compétences assez restreint. Cela réduit considérablement le champ des épreuves possibles sous peine de se heurter à un biais conceptuel. Par exemple, avant 6 ans les enfants n'ont pas automatisé la lecture ce qui rend inutilisable le test de Stroop pour n'en citer qu'un. De la même façon leur maîtrise incomplète de la motricité fine fausse les résultats d'épreuves nécessitant l'utilisation du papier et de crayon en rendant fastidieux la réponse à la question sans augurer de la maîtrise réelle des fonctions exécutives. En outre, « leurs capacités attentionnelles sont plus limitées et ils montrent de ce fait une plus grande variation de performance d'une période d'évaluation à l'autre que les enfants plus âgés » (*Ibid.*, p. 327)

De plus, les chercheurs notent un effet plafond important dans les résultats des tests de fonctions exécutives rendant ces tests utilisables uniquement sur des tranches d'âges très restreintes. Une conséquence directe de ce phénomène est la difficulté à effectuer des études longitudinales qui seraient nécessaires à une meilleure compréhension du développement des fonctions exécutives chez l'enfant.

1.3 Le rôle des fonctions exécutives dans la réalisation d'un puzzle

Le lien qui unit les fonctions exécutives et la réalisation d'un puzzle est à chercher du côté de la résolution de problème. La réalisation de puzzle apparaît comme « une métaphore de la résolution de problème » (Garcia, 2016, p. 168). En effet, le puzzle revêt toutes les caractéristiques d'une situation-problème : une situation initiale qui est une image morcelée dont les pièces sont mélangées, un but à atteindre qui de la reconstituer et une suite d'actions à effectuer pour atteindre ce but que Cordier et Pestel détaillent ainsi :

« L'analyse des processus psychologiques impliqués [dans la réalisation d'un puzzle] permet, en effet, de distinguer trois classes d'activité :

- a) le repérage et la sélection des indices perceptifs pertinents nécessaires pour guider le choix des éléments (Denis, 1979)[...]
- b) En fonction des indices perceptifs, l'activité de choix d'un élément parmi les n éléments proposés. [...]
- c) Le choix aboutit normalement à la réalisation d'un comportement, qui se traduit par le fait de prendre un élément, de l' « essayer » dans une position donnée, de le tourner dans un autre sens si besoin est, de l'ajuster... parfois de le rejeter, et ceci de façon itérative jusqu'à la réussite complète de l'opération. » (Cordier et Pestel, 1986, p.446)

Le puzzle est en outre un problème spatial auto-validant : si la solution proposée est satisfaisante, les pièces s'emboîtent sans forcer et les indices figuratifs concordent. Cela permet au joueur de valider ses essais au fur et à mesure et d'adapter ses procédures en conséquence.

De surcroît, les chercheurs ont établi que les fonctions exécutives sont impliquées dans la résolution de problème. Dans ce type de situation, la mémoire de travail, l'inhibition et la flexibilité mentale interviennent à deux niveaux : celui de la représentation du problème et celui des procédures mises en place pour le résoudre. Ainsi, l'inhibition permet de sélectionner les indices pertinents et d'éliminer ceux qui ne le sont pas. Elle prend part également au choix et à l'application d'une stratégie au détriment des stratégies non appropriées (Rossi et al., 2012). La mémoire de travail, quant à elle, permet de garder accessibles les données du problème, de les traiter et de mémoriser les procédures utilisées.

Richard (1982) décrit les nombreux allers-retours entre la tâche à accomplir et la mémoire de travail qu'impose la résolution de problème. La flexibilité mentale pour sa part, permet en cas d'impasse « un désengagement de l'action en cours pour initier une autre action » (Clément, 2006, p.423) ou « d'envisager plusieurs points de vue sur un même objet » (*Ibid.*, p. 423). Il faut également noter que le regard que porte l'individu sur ses erreurs entre en jeu dans la capacité à faire preuve de flexibilité mentale : il lui faut être non seulement capable de repérer ses erreurs mais également de les analyser comme des indices supplémentaires fournis à propos du problème et des moyens de le résoudre et d'adapter sa réponse en conséquence.

En définitive, il apparaît d'une part que la réalisation d'un puzzle a toutes les caractéristiques d'une situation-problème et d'autre part que les fonctions exécutives interviennent dans la résolution de problème. L'enjeu de cette étude est de questionner le lien potentiel entre les fonctions exécutives et la réalisation d'un puzzle.

2. Problématique

Comme nous l'avons évoqué précédemment, les fonctions exécutives sont des habiletés cognitives impliquées dans la réalisation de tâches complexes et notamment dans la résolution de problème. La réalisation d'un puzzle mobilise simultanément un grand nombre de compétences variées et présente toutes les caractéristiques d'une situation-problème. Nous pouvons alors raisonnablement émettre l'hypothèse qu'il existe une corrélation entre l'efficacité des fonctions exécutives et les performances dans la réalisation d'un puzzle chez les élèves de maternelle. Ainsi, les élèves ayant de bons résultats aux tests évaluant les fonctions exécutives seraient aussi performants en puzzle. Le parti pris de cet écrit est d'évaluer la performance en puzzle à l'aide de la rapidité d'exécution et du nombre de tentatives d'emboîtements erronées. Compte tenu de la complexité des fonctions exécutives chez les enfants d'âge préscolaire, cette hypothèse demande à être détaillée en tenant compte des composantes des fonctions exécutives ce qui amène aux hypothèses suivantes :

- L'efficacité de la mémoire de travail favorise la réalisation de puzzle : les élèves ayant de bons résultats aux tests de mémoire de travail sont les plus rapides en puzzle et/ou ceux qui font le moins de tentatives d'emboîtement erroné.
- L'efficacité de l'inhibition favorise la réalisation de puzzle : les élèves ayant de bons résultats aux tests d'inhibition sont les plus rapides en puzzle et/ou ceux qui font le moins de tentatives d'emboîtement erroné.

- L'efficacité de la flexibilité mentale favorise la réalisation de puzzle : les élèves ayant de bons résultats aux tests de flexibilité mentale sont les plus rapides en puzzle et/ou ceux qui font le moins de tentatives d'emboîtement erroné.

Ces hypothèses ont amené à la mise en place d'un protocole visant à mesurer chacune de composantes des fonctions exécutives et les performances en puzzles d'un échantillon d'enfants d'âge préscolaire afin d'établir des corrélations ou non.

3. Méthodologie utilisée

3.1 Participants à l'expérimentation

L'expérimentation s'est tenue auprès de 22 élèves d'une même classe de petite et moyenne section de l'école Ferdinand Buisson à Grenoble. Les participants, 11 garçons et 11 filles sont âgés de 3 à 5 ans (38 à 62 mois) et issus de milieux socioculturels différents. Les différents tests ont eu lieu en mars 2021 et ont été menés par l'enseignant stagiaire en charge à mi-temps de la classe. Les parents et les enfants ont apporté leur consentement pour participer à cette étude.

Cependant, afin de bénéficier d'un échantillon plus large pour les analyses, les données recueillies ont été agrégées à celles des cinq autres professeurs des écoles stagiaires travaillant sur le même sujet.

3.2 Test des fonctions exécutives

Les élèves ont passé chacun quatre tests visant à évaluer leurs fonctions exécutives : le test d'empan mnésique, le test du « tête – épaule – genoux – pieds », le test de tri de cartes à changement de dimension et le test de traçage de piste. A cette batterie d'épreuve, s'est ajoutée la réalisation d'un puzzle. Les épreuves ont été réparties dans le temps et ont duré au maximum 10 minutes pour tenir compte de la fatigabilité des enfants de cet âge. La passation des épreuves a été individuelle dans une salle connue des élèves autre que la classe afin de limiter les distractions liées à la présence des camarades.

3.2.1 Test d'empan mnésique

Le test d'empan mnésique mesure la mémoire de travail. Le participant doit mémoriser des informations puis les traiter en inversant l'ordre avant de les restituer. Il peut être amené

pour mener à bien cette tâche à mettre en place des procédures personnelles. Par exemple, il peut répéter les éléments à l'endroit, s'arrêter juste avant le dernier afin de le restituer et recommencer ainsi jusqu'à la fin. Il peut aussi associer un geste ou une position à chaque élément puis le refaire à l'envers.

Ce test regroupe trois épreuves qui se déroulent successivement et recouvrent les différents champs visuo-spatial et verbal de cette composante : les blocs de Corsi, l'empan de chiffres inversé et l'empan de mots inversé. Chaque épreuve se déroule de la même manière :

- une phase de démonstration.

A l'aide d'une marionnette qui fait tout à l'envers, l'examineur explique la consigne. Il donne 2 informations que la marionnette restitue dans l'ordre inverse. Pour s'assurer de la compréhension de la consigne, il demande à l'enfant de faire ou dire ce que ferait ou dirait la marionnette c'est-à-dire restituer les informations dans l'ordre inverse : si l'enfant se trompe on refait une démonstration, si il réussit on passe à la phase d'évaluation proprement dite.

- une phase d'évaluation.

Celle-ci se découpe en plusieurs séries de deux essais chacune. Si l'élève se trompe sur les deux essais d'une même série, le test s'arrête sinon on passe à la série suivante. Les séries sont progressives, le nombre d'informations à mémoriser et traiter augmente à chaque série jusqu'à atteindre cinq pour la dernière série. Une réponse juste rapporte un point, une réponse erronée ne rapporte pas de point.

Le participant commence par passer l'épreuve des blocs de Corsi. Dix cubes sont disposés de façon aléatoire sur l'espace d'une feuille A4 entre l'enfant et l'examineur qui se font face. L'examineur pointe du doigt une série de cubes un par un au rythme d'un cube par seconde, l'enfant doit ensuite pointer les mêmes cubes dans l'ordre inverse. Puis, il poursuit par l'épreuve des empan de chiffres inversés. L'examineur énonce une série de chiffres un par un au rythme d'un chiffre par seconde, l'enfant doit ensuite répéter les mêmes chiffres dans l'ordre inverse. Enfin, il finit par l'épreuve des empan de mots inversés mesure la mémoire de travail portée par la boucle phonologique. Comme précédemment, l'examineur énonce une série de mots un par un au rythme d'un mot par seconde, l'enfant doit ensuite répéter les mêmes mots dans l'ordre inverse.

3.2.2 Test du « tête – épaules – genoux – pieds »

Le test du « tête – épaules – genoux – pieds » (TEGP) mesure l'inhibition, il a été mis en place par Cameron Ponitz et leurs collaborateurs (2008). Le participant doit se retenir de

faire le geste qui lui est demandé oralement et le substituer par un autre. Pour réussir ce test, il peut par exemple s'astreindre à rester immobile pour réfléchir (*stop*) avant de produire le mouvement attendu (*go*).

Ce test se réalise debout dans un environnement dégagé et comprend trois parties, les deux premières se déroulent de manière similaire :

- une phase de démonstration.

Ce temps permet d'activer une réponse automatique chez l'enfant, réponse qu'il lui faudra inhiber dans la suite de l'épreuve. L'examineur demande alors à l'enfant de toucher une partie de son corps (dans la partie 1 ses pieds et sa tête et dans la partie 2 ses genoux et ses épaules) et effectue le mouvement pour que l'enfant l'imité.

- une phase d'entraînement.

L'examineur explique à l'enfant qu'il doit maintenant faire le contraire de ce qu'il lui demande : dans la partie 1, toucher ses pieds au lieu de sa tête et inversement et dans la partie 2, toucher ses genoux au lieu de ses épaules et inversement. Il effectue les gestes correspondants en donnant la consigne. Quelques exemples s'ensuivent lors desquels l'examineur donne un feedback positif si l'élève réussit ou fournit jusqu'à trois explications supplémentaires si l'enfant se trompe.

- une phase d'évaluation.

L'examineur donne des consignes, l'enfant doit faire le contraire. Dans la partie 1, l'enfant doit toucher sa tête au lieu de ses pieds et ses pieds au lieu de sa tête. Dans la partie 2, cette consigne est reprise et lui est ajoutée celle de toucher ses épaules au lieu de ses genoux et ses genoux au lieu de ses épaules. Pendant cette phase, l'examineur ne fait aucun feedback à l'enfant et les réponses sont comptabilisées. Une réponse juste rapporte deux points, une réponse fautive ne rapporte aucun point. Un point est accordé si l'enfant s'auto-corrige c'est-à-dire s'il corrige son geste avant de l'avoir terminé. On ne passe à la partie suivante que si l'enfant obtient au moins 4 points à la partie précédente.

La troisième partie du test est différente des deux précédentes. Lors de la démonstration, on introduit un changement dans les consignes. Si le principe reste le même (faire le contraire de ce qui est demandé) les correspondances entre les parties du corps ciblées changent : cette fois, l'enfant doit toucher sa tête au lieu de ses genoux et ses épaules au lieu de ses pieds et réciproquement. La phase d'entraînement se déroule selon les modalités précédemment décrites et permet à l'enfant de s'approprier ces nouvelles règles avant de passer à la phase d'évaluation où les réponses sont prises en compte.

Il faut noter que ce test sollicite la mémoire de travail pour se souvenir des correspondances entre les parties du corps. La partie 3 en mélangeant les règles établies précédemment demande aussi aux participants de faire preuve de flexibilité.

3.2.3 Test de tri de cartes à changement de dimension

Le test du tri de cartes à changement de direction (Dimensional Change Card Sort – DCCS) que nous devons à Zelazo (2006) mesure la flexibilité mentale. Le participant doit trier des cartes en fonction d'un critère donné qui change régulièrement. Pour ce faire, il est nécessaire qu'il soit en mesure de catégoriser les cartes selon des plusieurs critères et qu'il exerce un choix pour appliquer le critère pertinent.

Dans cette épreuve l'enfant a devant lui deux boîtes étiquetées : l'une avec un lapin bleu et l'autre avec un bateau rouge. L'examineur se tient à côté de lui et a un jeu de cartes contenant des bateaux bleus et des lapins rouges parfois encadrés en noir qu'il tient face cachée. La consigne sera répétée à chaque essai afin de soutenir la mémoire de travail et n'évaluer que la flexibilité. L'épreuve se déroule en cinq temps :

- une phase de démonstration.

L'examineur présente le matériel à l'enfant et lui explique la règle du jeu des formes en joignant le geste à la parole : il faut trier les cartes en fonction de leur forme (bateau ou lapin) et les ranger dans la boîte correspondante. S'ensuivent deux exemples au cours desquels l'examineur fait un retour à l'enfant pour s'assurer de sa compréhension de la consigne.

- une phase d'évaluation

L'examineur présente tour à tour six cartes à l'enfant qu'il doit ranger dans les boîtes en fonction de leur forme. Il ne fait alors aucun retour à l'enfant sur ses réponses et les comptabilise à hauteur d'un point par réponse juste.

- une phase d'évaluation avec modification des règles

L'examineur explique la règle du jeu des couleurs : il faut maintenant trier les cartes en fonction de leur couleur (rouge ou bleue). L'examineur présente tour à tour six cartes à l'enfant qu'il doit ranger dans les boîtes en fonction de leur couleur. Il ne fait encore aucun retour à l'enfant sur ses réponses et les comptabilise à hauteur d'un point par réponse juste. On passe à l'étape suivante si l'élève obtient au minimum cinq points à chacune des phases d'évaluation.

- une phase de démonstration

L'examineur explique la nouvelle règle du jeu qui mélange le jeu des formes et le jeu des couleurs : si la carte présente un cadre noir on joue au jeu des couleurs, s'il n'y a pas de cadre noir on joue au jeu des formes. Il fait deux exemples en montrant avec son doigt le cadre et en explicitant le critère retenu en fonction pour s'assurer de la compréhension de la nouvelle règle par l'enfant.

- une phase d'évaluation

L'examineur présente tour à tour douze cartes à l'enfant qu'il doit ranger en fonction de leur forme ou de leur couleur dans les boîtes en s'appuyant sur le cadre pour déterminer quel critère de tri appliquer. Il ne fait alors aucun retour à l'enfant sur ses réponses et les comptabilise à hauteur d'un point par réponse juste. Seules les réponses de cette phase d'évaluation sont prises en compte dans le score final.

Il existe deux versions du DCCS. La première version a été décrite précédemment, la seconde version est rigoureusement identique à l'exception de l'ordre des jeux choisis : on joue d'abord au jeu des couleurs puis au jeu des formes. Les participants de l'étude ont passé l'une ou l'autre des versions du test.

3.2.4 Test de traçage de piste

Le test de traçage de piste (*Trail P*) adapté aux jeunes enfants a été mis en place par Monette et ses collaborateurs (2014) pour mesurer la flexibilité et l'inhibition des élèves. Dans cette épreuve, le participant doit tracer des pistes en suivant une consigne qui évolue et sans prêter attention aux perturbateurs. Pour y parvenir, il peut être amené à utiliser les procédures que nous avons évoquées pour les tests du TEGP et du DCCS.

Cette épreuve se déroule en trois parties. Chacune de ces parties comprend une démonstration où l'examineur donne la consigne et réalise un exemple court, un entraînement où l'enfant trace une piste contenant un nombre limité d'éléments afin de s'assurer de sa compréhension de la tâche avant l'évaluation proprement dite. La mesure prise en compte est le temps en secondes mis pour réaliser la phase d'évaluation. Dans cette épreuve, contrairement à toutes les autres, l'examineur corrige les réponses de l'enfant au fur et à mesure en repositionnant le feutre sur le dernier élément correct et en lui indiquant l'élément suivant.

Dans la première partie de l'épreuve, les planches de travail comportent des souris de différentes tailles et couleurs. L'enfant doit relier à l'aide d'un feutre effaçable les souris dans

l'ordre croissant sans lever le crayon. On procède à la démonstration puis à l'entraînement avant l'évaluation

Dans la deuxième partie de l'épreuve, les planches de travail comportent des souris et des fromages de différentes tailles et couleurs. Chaque souris a un fromage à sa taille qui est aussi à sa couleur. L'enfant doit relier tous les éléments dans l'ordre croissant en intercalant souris et fromage ce qui donne un algorithme du type très petite souris - très petit fromage - petite souris – petit fromage, etc. On procède comme dans la partie précédente avec une démonstration, un entraînement et l'évaluation.

Dans la dernière partie, les planches de travail comportent les mêmes éléments que dans la partie précédente auxquels s'ajoutent des perturbateurs (un lapin et une carotte, un gorille et une banane, un chien et un os). La tâche est rigoureusement identique que précédemment : relier en les intercalant les souris et les fromages dans l'ordre croissant. La difficulté réside dans le fait qu'il ne faut pas tenir compte des perturbateurs et les contourner.

L'intérêt de ce test est qu'il permet de mesurer le coût cognitif de la flexibilité et de l'inhibition.

3.3 Réalisation du puzzle

Les enfants ont réalisé un puzzle adapté à leur âge : 20 pièces pour les élèves de petite section (Annexe 1) et 30 pièces pour les élèves de moyenne section. (Annexe 2).

Les puzzles choisis présentaient un certain nombre de caractéristiques communes :

- leur forme rectangulaire
- l'image représentant un ou plusieurs personnages au centre dans un décor contenant des éléments figuratifs reconnaissables
- la présence d'un modèle à l'échelle du puzzle

Pour réaliser le puzzle, l'enfant a reçu une boîte contenant les pièces en désordre face visible et le modèle présenté sur un plan horizontal. La consigne était de faire le puzzle en dessous du modèle directement sur la table. L'examineur a chronométré le temps mis par l'élève pour réaliser le puzzle jusqu'à dix minutes. Au-delà de cette limite, nous avons procédé à une extrapolation linéaire à partir du nombre de pièces correctement posées dans le temps imparti. L'examineur a compté le nombre de tentative d'emboitements erronés. Il a encouragé les enfants et les a relancé quand ils demandaient de l'aide ou s'éparpillaient mais ne leur a pas fourni d'informations supplémentaires sur la tâche.

Nous avons également interrogé les participants sur leurs stratégies évaluant ainsi leur métacognition. Avant que les enfants ne commencent la réalisation du puzzle, l'expérimentateur leur a présenté une planche illustrant trois stratégies de résolution de problème : la stratégie structurante, la stratégie figurative et la stratégie aléatoire chacune représentée par un nounours de couleur (Annexe 3). Les participants ont indiqué en amont et en aval de la réalisation du puzzle la stratégie qu'ils comptaient utiliser ou qu'ils avaient utilisé. Au cours de la réalisation du puzzle l'expérimentateur a noté la manière dont le sujet procédait tentant de dégager la ou les stratégies utilisées.

4. Résultats

Les analyses présentées maintenant ont été faites avec le logiciel Statistica par M. Jérôme Clerc.

4.1 Analyse de moyennes et d'écart-type

Nous avons calculé les moyennes et écarts type des temps de réalisation du puzzle et du nombre de tentative d'emboitements erronés de façon globale en fonction du niveau de classe. Les résultats présentés dans le tableau 1 sont arrondis au dixième.

	Nombre d'élèves	Temps de réalisation du puzzle (sec)		Nombre de tentatives d'emboitement erroné	
		Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
PS	31	1478	1445,4	11	9,5
MS	30	879,5	463,6	6	5
Total	61	1184	1113,3	9	8

Tableau 1 : Moyenne et écarts type des temps de réalisation du puzzle et du nombre de tentatives d'emboitement erroné en fonction du niveau de classe

En moyenne, les élèves de MS sont plus rapides que les élèves de PS pour réaliser un puzzle et font moins de tentatives d'emboitement erroné. L'écart type est proche de la moyenne ce qui dénote une très grande hétérogénéité dans les performances.

Nous avons procédé de la même manière pour les données résultantes des tests des fonctions exécutives. Les résultats présentés dans le tableau 2 sont arrondis au dixième.

		Global		PS		MS	
		Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
MDT	Composite	1,8	1,3	1,2	0,9	2,5	1,3
DCCS	Cadre	6	3,3	4,5	3,5	7,6	2,2
TEGP	TEGP 1+2+3	16	13,6	8,3	10,3	23,9	12
Trail P	Trail P fromage –souris (sec)	50,5	47,3	65	53,8	35,5	34,3
	Trail P perturbateur –souris (sec)	69,6	67,6	88	80,5	50,2	44,5
	Trail P perturbateur –fromage (sec)	19,3	29	23	35,9	15,1	19,2

Tableau 2 : Moyennes et écarts-type des résultats aux tests de fonctions exécutives

En moyenne, les élèves de MS ont obtenu de meilleurs résultats que les élèves de PS aux tests des fonctions exécutives. Cette progression est particulièrement marquée pour le TEGP. Exception faite du DCCS, les écarts type sont conséquents et témoignent d'importantes variations dans les données.

4.2 Analyses de régression et recherches de corrélation

Nous avons mené les analyses de régression présentées ci-dessous dans le tableau 3.

Variable dépendante	Prédicteurs	
	Données utilisées	FE mesurée
Temps de réalisation du puzzle (sec)	Moyenne des scores d'empan inverses (bloc de Corsi-chiffres-mots)	MDT composite
	DCCS cadre	Flexibilité
	TEGP 1 + 2 + 3	Inhibition
	Trail P fromage –souris (sec)	Flexibilité
	Trail P perturbateur – fromage (sec)	Inhibition
	Age	
Tentative d'emboîtement erroné	Moyenne des scores d'empan inverses (bloc de Corsi-chiffres-mots)	MDT composite
	DCCS cadre	Flexibilité
	TEGP 1 + 2 + 3	Inhibition

	Trail P fromage –souris (sec)	Flexibilité
	Trail P perturbateur – fromage (sec)	Inhibition
	Age	

Tableau 3 : Variables utilisées lors des analyses de régression

Tous les résultats présentés ci-dessous sont significatifs dans la mesure où $p < .05$ ce qui signifie que nous avons moins de 5% de chances de nous tromper en généralisant ces observations sur un échantillon plus large. Les analyses effectuées ont établi plusieurs régressions :

- La mémoire de travail composite prédit le temps de réalisation du puzzle, $F(1,59)=6,92$, $p < .05$
- L'inhibition mesurée par le TEGP prédit le temps de réalisation du puzzle, $F(1,59)=9,2$, $p < .01$
- La flexibilité mentale mesurée par le DCCS prédit le temps de réalisation du puzzle, $F(1,59)=18,79$, $p < .01$
- La mémoire de travail composite prédit le nombre de tentatives d'emboîtement erroné, $F(1,59)=6,15$, $p < .05$.
- La flexibilité mentale mesurée par le DCCS prédit le nombre de tentatives d'emboîtement erroné, $F(1,59)=7,10$, $p < .05$.
- L'inhibition mesurée par le TEGP prédit le nombre de tentatives d'emboîtement erroné, $F(1,59)=21,24$, $p < .01$.

Nous pouvons noter que la flexibilité mentale est la composante qui influe le plus sur le temps de réalisation du puzzle. En se basant sur la variance expliquée R^2 , il apparaît que 24% des variations de cette donnée sont expliquées par la flexibilité mentale tandis que la mémoire de travail et l'inhibition n'en expliquent respectivement que 10% et 14%. De la même manière, l'inhibition est celle qui influence le plus le nombre de tentatives d'emboîtement erroné : elle explique 26% de la variance des résultats contre respectivement 9% et 11% pour la mémoire de travail et l'inhibition.

Par ailleurs, aucune régression n'a été établie entre l'âge et le temps de réalisation du puzzle cependant il est avéré que l'âge prédit les tentatives d'emboîtement erroné, $F(1,59)=6,37$, $p < .05$.

Nous remarquons également qu'aucune régression n'a été mise en évidence en tenant compte des résultats du Trail P. Nous avons donc recherché des corrélations entre les données résultantes de ce test et celles des autres tests qui mesurent les mêmes fonctions exécutives à

savoir : le DCCS pour la flexibilité mentale et le TEGP pour l'inhibition. Pour la mesure de la flexibilité mentale, il apparaît que les résultats du DCCS et ceux du Trial-P (fromage – souris) sont modérément corrélés, $r=-0.26$, $p < .05$. En ce qui concerne les résultats de l'inhibition, les données du TEGP et celle du Trail-P (perturbateurs – fromages) ne sont pas corrélées.

Pour finir, une corrélation apparaît entre le temps de réalisation du puzzle et le nombre de tentatives d'emboîtement erroné, $r= 0.44$, $p < .05$. Le nuage de point de la figure 2 illustre cette corrélation.

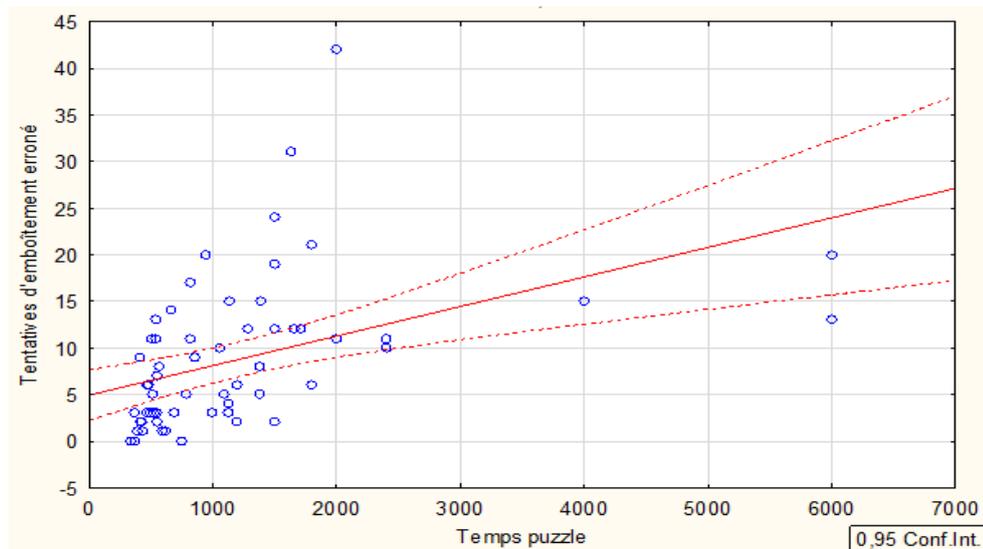


Figure 2 : Nuage de points représentant le nombre de tentatives d'emboîtement erroné en fonction du temps de réalisation du puzzle (sec.)

En définitive, les analyses menées à partir des données recueillies ont permis de mettre en évidence un certain nombre de relations entre les fonctions exécutives et la réalisation de puzzle que nous allons maintenant interpréter.

5. Discussion

5.1 Validation des hypothèses

Dans cet écrit scientifique réflexif, nous cherchons à définir le rôle des fonctions exécutives dans la réalisation d'un puzzle chez les élèves d'âge préscolaire. En suivant une démarche hypothético-déductive, nous avons été amenés à recueillir des données concernant d'une part les fonctions exécutives et d'autre part la réalisation de puzzle puis à en faire une analyse statistique. Nous avons émis en amont de cette étude une série d'hypothèses que nous

allons examiner maintenant à la lumière des éléments mis en évidence par l'analyse statistique.

Notre première hypothèse était que l'efficacité de la mémoire de travail favorisait la réalisation de puzzle. Les données permettent de valider cette hypothèse : la mémoire de travail prédit à la fois le nombre de tentatives d'emboîtement erroné et le temps de réalisation du puzzle. Une interprétation plausible de ce lien serait que l'enfant qui parvient à se souvenir des emboitements erronés qu'il a effectués ne les reproduit pas ce qui lui fait gagner du temps. Il est aussi possible de considérer que la mémoire de travail simplifie l'organisation de la tâche. Elle permet de se rappeler de l'image à reformer et de l'état d'avancement du puzzle afin de sélectionner les pièces intéressantes à l'instant T ou de mettre de côté celles qui vont bientôt l'être. Nous aurions pu affiner l'analyse en différenciant le calepin visuo-spatial et la boucle phonologique afin de déterminer quelle composante de la mémoire de travail entre en jeu dans cette tâche.

Notre deuxième hypothèse présumait que l'efficacité de l'inhibition favorisait la réalisation de puzzle. Les analyses ont également attesté de cette corrélation : l'inhibition prédit non seulement le temps de réalisation du puzzle et mais aussi très fortement le nombre de tentatives d'emboîtement erroné. Nous pouvons raisonnablement penser que l'inhibition permet au joueur de se retenir d'effectuer des emboitements qui ne semblent pas plausibles. Elle doit également intervenir afin de doser la force requise pour emboîter les pièces en tenant compte de la résistance naturelle du puzzle et ainsi abandonner rapidement ceux qui ne sont pas valides. Nous pouvons également augurer le rôle de l'inhibition dans le choix et la mise en œuvre d'une stratégie au détriment des autres. De surcroît, il est probable que l'inhibition assure le maintien de la concentration du joueur jusqu'à la fin de la tâche malgré les distractions de l'environnement. Ce dernier aspect doit logiquement impacter prioritairement le facteur temps.

Notre dernière hypothèse portait sur le fait que l'efficacité de la flexibilité mentale favorisait la réalisation de puzzle. Cette affirmation est, elle aussi, vérifiée par les données empiriques : la flexibilité mentale prédit très fortement le temps de réalisation du puzzle et le nombre de tentatives d'emboîtement erroné bien que plus modérément. Cela confirme les propos de Clément (2006) sur l'implication de la flexibilité mentale dans la résolution de problème. Celle-ci rend possible le changement de stratégies et/ou de pièces lorsque le joueur se trouve bloqué par une pièce introuvable ou implaçable.

En définitive, les trois hypothèses que nous avons émises se trouvent vérifiées par l'analyse statistique. Il est cependant nécessaire de mentionner les limites mises en évidence au cours de cette étude.

5.2 Limites de l'étude

Le parti pris de cette étude était de considérer la performance au puzzle à partir du temps mis pour sa réalisation et du nombre de tentatives d'emboîtement erroné. L'analyse montre une corrélation positive entre ces données qui vient appuyer la pertinence de ces critères : plus l'enfant fait de tentatives d'emboîtement erroné, plus il met de temps à réaliser le puzzle. Ce lien peut s'expliquer logiquement par le fait que les tentatives d'emboîtement erroné prennent nécessairement du temps, multiplier les emboîtements erronés est plus long que ne faire que des emboîtements justes. Néanmoins, pour des raisons pratiques et émotionnelles, nous avons limité le temps de réalisation du puzzle à dix minutes. Dans les cas où les enfants n'avaient pas terminé dans le temps imparti, nous avons procédé à une extrapolation linéaire. Cette méthode sous-entend que les élèves mettent approximativement le même temps pour placer toutes les pièces, ce postulat mériterait d'être vérifié de manière empirique.

Le très jeune âge des élèves de l'échantillon a eu une incidence sur la mesure des fonctions exécutives. Nous pouvons en particulier noter la faiblesse des résultats aux tests de mémoire de travail, le test proposé était probablement trop difficile pour des élèves si jeunes. L'utilisation d'un autre test plus adapté aux enfants de 3 à 5 ans aurait sûrement permis de mieux rendre compte de cette fonction exécutive. D'autre part, certaines épreuves reposent sur des notions que les élèves ne maîtrisent pas tous totalement en raison de leur âge. Nous pouvons citer à cet égard les exemples suivants : ranger cinq objets dans l'ordre croissant dans le traçage de piste, connaître les chiffres jusqu'à 10 pour les empan inverses, maîtriser le schéma corporel dans le TEGP. Il faut donc garder à l'esprit que certains résultats peuvent être faussés par le développement conceptuel des élèves. De la même manière, la plupart des tests proposés nécessite la maîtrise du langage afin de comprendre les consignes et bien souvent répondre. Pour les élèves ayant des difficultés de cet ordre, les résultats obtenus au cours des épreuves ne sont pas représentatifs de leurs fonctions exécutives. Afin de contourner cet écueil, il serait opportun d'évaluer au préalable les connaissances et compétences mobilisées dans les tests des fonctions exécutives afin de pouvoir les pondérer.

Nous nous sommes également heurtés au phénomène d'impureté de la tâche. Par exemple, le TEGP mesure les capacités d'inhibition nécessaires pour retenir une réponse automatique mais il sollicite également la mémoire de travail pour se souvenir de la consigne et la flexibilité lorsque la consigne change dans la troisième partie. Cette difficulté supplémentaire transparait dans les résultats : certains élèves ayant des scores convenables dans les deux premières parties, ont un score extrêmement faible voire nul dans la troisième partie. Il est raisonnable de penser qu'ils n'ont pas subitement perdu leur capacité d'inhibition mais que celle-ci est polluée par d'autres tâches. Cette hypothèse est d'ailleurs soutenue par le fait qu'ils ont touché une autre partie du corps que celle demandée, ce qui ne ressort pas dans les résultats. Une notation plus détaillée des réponses des élèves pourrait permettre d'affiner la mesure.

L'utilisation du test de traçage de piste (*Trail P*) n'a pas été probante. Les données recueillies sont modérément corrélées avec celles du DCCS et pas du tout corrélées avec celles du TEGP bien que sensées rendre compte de la même composante des fonctions exécutives. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ceci. En premier lieu, ce test repose sur des compétences qui ne sont pas complètement acquises par les élèves : comparer cinq objets selon un critère de taille et les ranger dans l'ordre croissant sans pouvoir recourir à la comparaison directe. Il implique aussi la maîtrise du geste graphique inégale chez les élèves de cet âge pour relier les éléments entre eux sans lever le crayon avec une difficulté supplémentaire qui est que la main tenant l'outil scripteur cache parfois l'élément à relier. De plus, le fait de travailler au feutre effaçable induit plusieurs attitudes vis-à-vis de l'erreur : certains veulent à tout prix effacer le tracé erroné tandis que d'autres se contentent d'effectuer un nouveau tracé. Ces différences peuvent jouer sur le temps mis pour tracer la piste. Par ailleurs, nous avons remarqué que certains élèves contrairement à ce qu'on pouvait attendre ont mis moins de temps à réaliser le tracé avec perturbateurs que le tracé sans perturbateur. Une hypothèse serait l'existence d'un effet d'entraînement : en réalisant plusieurs fois le tracé, les élèves ont mémorisé l'ordre (avec l'aide des couleurs probablement) et ainsi gagné en rapidité. En définitive, cet outil qui n'a pas encore reçu la validation de la communauté scientifique n'est pas adapté à notre étude.

Pour finir, il est intéressant de considérer également la relation entre l'examineur qui est l'enseignant de la classe et les participants qui sont ses élèves. Cette relation préexistante à l'étude permet à l'élève d'être en confiance. Cependant, certains enfants étaient si contents de partager un temps privilégié avec leur enseignant qu'ils ont eu des difficultés à se concentrer sur les tâches qui leur étaient demandées : un élève a déclaré par exemple « j'ai tellement de

choses à te raconter », elle n'a pas eu le temps de finir le puzzle. Par ailleurs, certains élèves ont été surpris par les consignes inhabituelles dans le cadre scolaire : pour le TEGP par exemple plusieurs élèves ont demandé « pourquoi je dois faire le contraire ? ».

En définitive, cette étude met en évidence le lien existant entre les fonctions exécutives et la réalisation de puzzle. Elle présente toutefois quelques limites qui mériteraient d'être dépassées lors d'une prochaine étude.

5.3 Perspectives de l'étude

Le travail de recherche décrit dans cet écrit scientifique réflexif a ouvert de nouvelles pistes de réflexion.

A la lecture des analyses de données, il semble pertinent, dans une prochaine étude, de s'intéresser plus spécifiquement à l'influence de l'âge dans le lien qui unit les fonctions exécutives et la réalisation de puzzle. En effet, nous notons qu'en moyenne les élèves de MS ont des performances plus élevées dans les tests des fonctions exécutives que les élèves de PS. Ce constat coïncide avec le développement progressif des fonctions exécutives en lien avec la maturation du cortex préfrontal. En ce qui concerne la réalisation de puzzle, l'âge semble aussi jouer un rôle : il influe sur le nombre de tentatives d'emboîtement erroné mais pas sur le temps de réalisation du puzzle. Ceci peut vraisemblablement s'expliquer par le fait qu'avoir proposé des puzzles différents pour les élèves de PS et de MS a pu impacter le temps au puzzle. La forte corrélation entre l'inhibition et les tentatives d'emboîtement erroné laissent à penser que l'influence de l'âge sur ces dernières pourrait être médiée par l'inhibition.

De plus, il serait certainement instructif de prolonger cette réflexion en intégrant les stratégies utilisées pour réaliser le puzzle. Nous pourrions par exemple interroger le rôle que peut jouer l'apprentissage des stratégies de puzzles sur le développement des fonctions exécutives. Cette entrée nécessiterait toutefois de tenir compte par des questionnaires de l'utilisation des puzzles dans le contexte familial et scolaire. Au cours de notre étude, nous avons pris le parti de ne pas enseigner en amont les stratégies mobilisables pour réaliser un puzzle et ne maîtrisons donc pas l'arrière plan en matière d'enseignement des stratégies. Il faut donc bien garder à l'esprit qu'il y a une très grande disparité entre les élèves sur ce point du fait de la présence des puzzles dans le contexte familial. Par exemple, une élève expliquait en réalisant son puzzle que sa grand-mère conseillait pour les puzzles difficiles de toujours commencer par les bords. Cette élève a donc bénéficié d'un apprentissage et d'un

entraînement en puzzle alors que d'autres élèves ont découvert cette activité en arrivant à l'école.

5.4 Apports professionnels de l'ESR

Cet écrit scientifique réflexif a été pour moi l'occasion d'approfondir mes connaissances à propos des fonctions exécutives, du développement de l'enfant et de la relation réciproque qu'entretiennent les fonctions exécutives et les situations d'apprentissage. Dans le cadre de ma pratique professionnelle, ces points de repère me sont précieux pour mieux comprendre les élèves dont j'ai la charge et adapter mon enseignement en conséquence. Les analyses ont mis en évidence une grande hétérogénéité entre les élèves sur le plan des fonctions exécutives qui participe et s'ajoute à la diversité des profils d'élèves. Je pense notamment aux élèves à besoins éducatifs particuliers qui présentent souvent des troubles des fonctions exécutives : mieux connaître ces habiletés cognitives permet de proposer à leur égard une différenciation plus pertinente. Par ailleurs, je souhaite approfondir la mise en place d'activités favorisant le développement des fonctions exécutives dans la perspective de construire chez les élèves des habiletés qui soutiendront efficacement leurs apprentissages présents et futurs.

Ce travail a contribué également à changer mon regard sur l'utilisation des puzzles au sein de la classe. Il m'a permis de prendre réellement conscience de la richesse pédagogique de ce jeu sur divers plans. Les éléments mis en évidence dans l'état de l'art et les résultats probants de l'étude me convainquent de proposer au sein de la classe une offre nombreuse et variée de puzzles et d'enseigner explicitement les stratégies pertinentes pour réaliser un puzzle. La progression concernant les puzzles devra prendre en compte la grande disparité des compétences des élèves en la matière pour permettre à chacun de progresser.

Enfin, la participation à cette étude a été l'occasion de faire évoluer ma posture d'enseignante. La démarche adoptée ici, qui consiste à se renseigner sur les avancées de la recherche, à mettre en place des dispositifs en conséquence puis à en tirer les conclusions nécessaires permet d'améliorer les situations d'apprentissage proposées. Par ailleurs, travailler individuellement avec chaque élève et m'astreindre à ne pas leur apporter d'aide pendant la passation des différents tests m'a permis de mieux connaître mes élèves en observant leurs points d'appui et leurs difficultés. Je dois bien reconnaître que certains élèves m'ont surpris positivement ou négativement.

Conclusion

En définitive, la réalisation d'un puzzle apparaît comme une tâche complexe qui mobilise les fonctions exécutives à savoir la mémoire de travail, l'inhibition et la flexibilité. Le protocole expérimental mis en place a permis de vérifier empiriquement notre hypothèse initiale et d'affirmer que contrôler ses comportements et ses cognitions favorise la réalisation d'un puzzle chez les enfants de 3 à 5 ans. Cette conclusion étaye non seulement le rôle important que jouent les fonctions exécutives dans les apprentissages scolaires mais elle invite surtout les enseignants de maternelle à se saisir ou se ressaisir pleinement de ce jeu déjà présent dans toutes les classes. Sous un aspect ludique, le puzzle permet en effet de confronter les élèves à une situation-problème exigeante d'un point de vue cognitif. Les enseignants peuvent en particulier accompagner la progression des élèves en puzzle en les confrontant à une offre variée et organisée de puzzles et en enseignant explicitement les stratégies pertinentes.

De nouvelles interrogations émanent naturellement de cette étude et pourraient constituer le point de départ de nouvelles recherches en psychologie et en pédagogie. Notamment, la mise en évidence de cette relation positive entre fonctions exécutives et puzzles incite à se demander si la réciproque est vraie : réaliser un puzzle permet-il d'entraîner les fonctions exécutives ? Il serait aussi intéressant d'élargir cette étude à des enfants plus âgés afin de déterminer si l'utilisation de puzzles pourrait être bénéfique aux élèves de l'école élémentaire.

Bibliographie

- Bellis, M. (2020). Invention of the Jigsaw Puzzle. Repéré à <https://www.thoughtco.com/who-invented-the-jigsaw-puzzle-1991677> le 16/04/2021.
- Cameron Ponitz, C. E., McClelland, M. M., Jewkes, A. M., Connor, C. M., Farris, C. L., & Morrison, F. J. (2008). Touch your toes! Developing a direct measure of behavioral regulation in early childhood. *Early Childhood Research Quarterly*, 23(2), pp. 141- 158.
- Chevalier, N. (2010). Les fonctions exécutives chez l'enfant : Concepts et développement. *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, vol. 51, n°3, pp. 149- 163.
- Clément, É. (2006). Approche de la flexibilité cognitive dans la problématique de la résolution de problème. *L'année psychologique*. 2006 vol. 106, n°3, pp. 415-434.
- Cordier, F., & Pestel, J. (1986). Le puzzle : Étude expérimentale d'un jeu à embarrasser. *Enfance*, tome 39, n°4, pp.445- 451.
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, vol. 64, pp. 135- 168.
- Duval, S., & Montminy, N. (2018). Perspectives théoriques à l'égard des fonctions exécutives en contexte éducatif chez les enfants d'âge préscolaire, *Neuroéducation*, vol. 5, n°2, pp. 93-108.
- Garcia, A. C. (2013). Understanding Jigsaw Puzzlers' Techniques and Motivations. *American Journal of Play*, vol.5, n° 3, pp. 308-322.
- Garcia, A. C. (2016). An explorer in a cardboard land : Emotion, memory, and the embodied experience of doing jigsaw puzzles. *International Journal of Play*, vol.5, n°2, pp. 166- 180.
- MENESR (2020) Programme d'enseignement de l'école maternelle. Repéré à : https://cache.media.education.gouv.fr/file/31/89/4/ensel712_annexe_1312894.pdf
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, A. H., Howerter, A. & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex « frontal lobe » tasks : A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, pp. 49-100
- Monette, S., & Bigras, M. (2008). La mesure des fonctions exécutives chez les enfants d'âge préscolaire. *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, vol. 49, n°4, pp. 323- 341.

Monette, S., Veillette, O. & Bigras, M., Fonctions exécutives chez les préscolaires : indices de validité de la BEFEX – P3. Repéré à :

[https://www.researchgate.net/publication/264668183 Fonctions executives chez les prescolaires indices de validite de la BEFEX-P3](https://www.researchgate.net/publication/264668183_Fonctions_executives_chez_les_prescolaires_indices_de_validite_de_la_BEFEX-P3) le 01/05/2021

Richard, J.-F. (1982). Mémoire et résolution de problèmes. *Revue française de pédagogie*, vol.60, pp. 9- 17.

Rossi, S., Lubin, A., Lanoë, C., & Pineau, A. (2012). Une pédagogie du contrôle cognitif pour l'amélioration de l'attention à la consigne chez l'enfant de 4-5 ans. *Neuroeducation*, vol. 1, n°1, pp. 29- 54.

Roy, A. (s. d.). *Les fonctions exécutives chez l'enfant : Des considérations développementales et cliniques à la réalité scolaire*. Non publié. Repéré à :

https://www.resodys.org/IMG/pdf/chapitre_a_roy.pdf le 26/04/2021

Simpson, A. & Riggs, K. J. (2007). Under what conditions do young children have difficulty inhibiting manual actions ? *Developmental Psychology*, 43, pp. 417-428

Virat, M., & Clerc, J. (2017). Se contrôler à l'adolescence. Entre contraintes cérébrales et possibilités environnementales. *Les Cahiers Dynamiques*, n°71, pp. 33- 45.

Zelazo, P. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): a method of assessing executive function in children. *Nat Protoc* 1, pp. 297–301.

Annexes

Annexe 1 : Puzzle réalisé par les élèves de PS



Annexe 2 : Puzzle réalisé par les élèves de MS



Annexe 3 : Planche pour présenter les différentes stratégies aux élèves



Année universitaire 2020-2021

Diplôme universitaire *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 ?

Auteur : Christine VELLARD

Résumé : Le puzzle est une activité incontournable de l'école maternelle. Cependant, sous son aspect ludique, il est en fait une situation-problème. Les fonctions exécutives, à savoir la mémoire de travail, la flexibilité mentale et l'inhibition sont des habiletés cognitives responsables de la régulation des cognitions et des comportements. Elles sont mobilisées dans la réalisation de tâches complexes dont fait partie la résolution de problème. En appliquant une démarche hypothético-déductive et en s'appuyant sur des données empiriques, cette étude a mis en évidence l'implication des fonctions exécutives dans la réalisation de puzzle chez les enfants âgés de 3 à 5 ans.

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

Abstract: Jigsaw puzzles are an essential nursery school activity. However, beyond the playful side, it actually represents a situational problem. Executive functions, known as working memory, mental flexibility and inhibition, are cognitive skills playing a part in the regulation of cognitions and behaviours. A complex task such as problem solving uses these cognitive skills. While applying a hypothetico-deductive method and using empirical data, this study has shown how executive functions are involved in jigsaw puzzle resolutions made by 3 to 5 year-old children.

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