HAL
open science

La mémoire visuelle

Coline Kinder

To cite this version:

Coline Kinder. La mémoire visuelle. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. dumas-03484036

HAL Id: dumas-03484036

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03484036

Submitted on 16 Dec 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.

École des Sciences de la Réadaptation

École d'Orthoptie

Faculté des sciences médicales et paramédicales
Aix-Marseille Université

La mémoire visuelle

KINDER Coline

Maitre de mémoire :
MONTICOLO Chloé
Orthoptiste

Directrice des mémoires :
TRINQUET Laure
Directrice Pédagogique

Année Universitaire 2020-2021
Mémoire de fin d'études d'Orthoptie

Aix-Marseille Université - Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales - 27 boulevard Jean Moulin – 13385 Marseille Cedex 5
Tél. : +33 (0)4 91 32 43 00 - Site : http://smpm.univ-amu.fr

REMERCIEMENTS

Je remercie la directrice de l'école d'orthoptie, Laure TRINQUET, pour m'avoir permis de gagner en confiance et d'acquérir toujours plus de connaissances. Nos petits fous rires auront parsemé de bonheur mon stage (le projecteur fou s'en rappelle encore !). Je la remercie encore pour m'avoir transmis la passion de l'orthoptie. Grâce à elle, j'ai eu la chance de rencontrer des patients touchants et des maitres de stage toujours bienveillants.

Je remercie ma tutrice de mémoire, Chloé MONTICOLO, pour m'avoir donné des conseils, des idées sur mon sujet et pour avoir répondu à toutes mes questions. Je sais au combien cela a dû lui demander du travail mais elle a toujours été présente. Sa gentillesse, sa disponibilité me touchent beaucoup. Sa période de stage a été aussi un moment privilégié pour moi.

Je remercie Mélanie ORDINES et sa collaboratrice Yolaine GREFFIOZ. C'est durant le stage avec elles que j'ai eu l'idée de ce mémoire. Elles m'ont permis de créer moi-même les séances de rééducation durant lesquelles j'ai pris beaucoup de plaisir. A nouveau les fous rires, l'humour et la bienveillance étaient au rendez-vous.

Je remercie Élodie LEFORT, pour m'avoir aidé à la reformulation des phrases. Mais je la remercie surtout pour avoir supporté toutes mes questions, pour sa bonne humeur, nos moments de rire, pour sa confiance, sa gentillesse et sa douceur.

Je remercie mes parents pour m'avoir épaulée et supportée durant ces 3 années passées à Marseille. Sans eux je ne serais pas comme je suis aujourd'hui, ils m'ont communiqué le sourire, la patience, la persévérance, l'empathie et l'écoute. Et j'espère pouvoir apporter la même chose à mes patients une fois diplômée.

RÉSUMÉ

La mémoire visuelle est la capacité d'enregistrer, d'élaborer, de récupérer et d'utiliser des informations visuelles.
Elle est constituée de plusieurs formes qui sont elles-mêmes fragmentées en multitudes de composantes qui sont interactives entre elles et que l'on peut étudier séparément (mémoire à long terme, mémoire à court terme, mémoire de travail, …).
En plus de la complexité due à tous les types de mémoire, celle-ci est d'autant plus complexe par sa localisation cérébrale très diversifiée (voie du « quoi », voie du « où », hippocampe, différents cortex, …).

Cette mémoire visuelle peut être évaluée avec une grande diversité de tests (TVPS, WISC, CANTAB, …) et par une multitude de professionnels (orthoptiste, psychologue, orthophoniste, …).

Nous pouvons nous rendre compte que la mémoire visuelle peut être déficitaire dans plusieurs pathologies et troubles (autisme, TDAH, …).

La mémoire chez les autistes et le trouble de l'attention (TDAH) a donc été étudiée au cours de ce mémoire.
Pour ces deux troubles, la mémoire visuelle ressort déficitaire. En revanche nous nous sommes aussi rendu compte que la mémoire était atteinte de façon sélective (certains types de mémoire visuelle), et pas de façon globale.

Une rééducation peut alors être effectuée pour améliorer la mémoire visuelle et mettre en place des stratégies mnésiques. Cela permettra de facilité les apprentissages et la vie quotidienne.

ABSTRACT

Visual memory is the ability to record, process, retrieve and use visual information. It is made up of several forms which are themselves fragmented into a multitude of components which interact with each other and which can be studied separately (long-term memory, short-term memory, working memory, for example).

In addition to the complexity inherent to all types of memory, it is all the more complex because of its very diversified cerebral localizations (the "what" path, the "where" path, the hippocampus, different cortexes, and so on). This visual memory can be assessed through a wide variety of tests (such as TVPS, WISC, and CANTAB.) and by different professionals (orthoptists, psychologists, or speech therapists).

It can be observed that visual memory may be deficient in several pathologies and disorders such as autism and ADHD. Memory in autism and ADHD has therefore been studied in the course of this dissertation. For these two disorders, visual memory is deficient. However, it can be seen that memory is affected selectively (certain types of visual memory), and not in a global way.

Finally, the question examined is: what role does visual memory play in daily life and learning? It plays such an important role in reading, writing and mathematics that a deficit can cause great difficulties at school. Vitally, orthoptists can re-educate through games and exercises to help the child develop its own strategies and reduce these difficulties.

LA MÉMOIRE VISUELLE

MOTS CLÉS :
Mémoire visuelle ;
Autisme ;
Trouble de l'attention ;
Stratégie mnésique

RÉSUMÉ :

La mémoire visuelle est la capacité d'enregistrer, d'élaborer, de récupérer et d'utiliser des informations visuelles.
Elle est constituée de plusieurs formes qui sont elles-mêmes fragmentées en multitudes de composantes interactives entre elles. Toutes ces composantes ont une localisation cérébrale différente.

Cette mémoire visuelle peut être déficitaire dans certaines pathologies ou certains troubles (autisme, TDAH, …).
La mémoire visuelle est déficitaire chez les personnes ayant un trouble autistique ou attentionnel. En revanche, ce déficit ne touche que certains types de mémoire visuelle et non son ensemble.

Une rééducation peut être effectuée pour améliorer la mémoire visuelle et mettre en place des stratégies mnésiques. Cela permettra de facilité les apprentissages et la vie quotidienne.

KEY WORDS :
Visual memory ;
Autism ;
Attention deficit disorder ;
Memory strategy

ABSTRACT :

Visual memory is the ability to record, process, retrieve and use visual information. It is made up of several forms that are themselves fragmented into a multitude of interactive components. All these components have a different brain location.

This visual memory may be deficient in certain pathologies or disorders. Visual memory is notably deficient in people with an autistic or attention déficit disorder. However, this deficit only affects certain types of visual memory and not all. Rehabilitation can be carried out to improve visual memory and implement memory strategies. This will facilitate learning and improve daily life.

Introduction

La mémoire visuelle est la capacité d'enregistrer, d'élaborer, de récupérer et d'utiliser des informations visuelles.
La mémoire visuelle représente 80% des informations transmises au cerveau. Elle prend donc une place importante dans notre vie quotidienne et dans nos apprentissages.
Mais cette mémoire peut parfois être déficitaire.
Une question se pose : Est-ce que la mémoire visuelle est déficitaire de façon globale chez les patients atteints d'autismes et de TDAH ? Que peut entrainer un déficit de mémoire visuelle dans la vie quotidienne et dans les apprentissages ? Comment la rééduquer ?

Localisation cérébrale de la mémoire visuelle

La mémoire visuelle est active à différents endroits du cerveau. La localisation va varier en fonction de ce que nous regardons et du type de mémoire visuelle utilisée.

Lors de la mémoire visuelle à court terme

Petit rappel :
La mémoire visuelle à court terme permet de retenir une information, la stocker et la restituer pendant quelques secondes voire minutes.

La voie du « quoi » s'active lors de la mémorisation des détails, des visages et des objets. Quatre zones sont actives plus spécifiquement dans cette voie : le lobe occipital et temporal, le cortex strié, le gyrus fusiforme et lingual, le gyrus temporal moyen. [1]

La voie du « où » s'active lors de la mémorisation des mouvements, de la localisation et de l'orientation.
Elle est impliquée dans le traitement mnésique visuo-spatial : la mémoire visuo-spatiale.
2 zones sont actives plus spécialement : le cortex pariétal et le cortex pariétal inférieur.

Le cortex préfrontal s'active lors de l'utilisation de la mémoire de travail. C'est le lieu où

convergent des informations sensorielles provenant de l'ensemble des aires cérébrales associatives. [2]

Lors de la mémoire visuelle à long terme

Petit rappel :
La mémoire visuelle à long terme permet de retenir une information durant quelques minutes à toute une vie et de faire revenir cette information pour la confronter avec notre vécu pour la réutiliser.

L'hippocampe (localisé dans le lobe temporal médian) s'active lors de la mémoire déclarative et dans la récupération des informations de la mémoire à long terme.
Il permet la consolidation des informations durant quelques années. [3]

Le cortex périrhinal contribue au stockage et à la récupération de la mémoire visuelle à long terme.
Il reçoit les informations de la voie visuelle ventrale.
2 zones sont actives plus spécifiquement : le gyrus para-hippocampique et l'aire 36 de Brodmann.

Le cortex entorhinal ou aire 28 de Brodmann contribue au soutien de la mémorisation de nombreuses années après l'apprentissage.

L'autisme et le trouble de l'attention (TDA)

Sarah Brieber, Susanne Neufang, Nicole Bruning, Inge Kamp-Becker, Helmut Remschmidt, Beate Herpertz-Dahlmann, Gereon R. Fink, et Kerstin Konrad ont comparé les anomalies cérébrales des autistes et des personnes ayant un trouble de l'attention. Ils ont remarqué 2 anomalies communes localisées sur le lobe temporal médian et sur le cortex pariétal inférieur. [4]
Ces deux zones cérébrales sont, pour rappel, actives lors de l'utilisation de la mémoire visuelle.

Certains scientifiques se sont penchés sur un potentiel déficit de la mémoire visuelle pour les autistes et les personnes avec TDA.

L'autisme

L'autisme est défini comme un trouble du développement qui se traduit par un comportement stéréotypé et répétitif, une altération de la communication et des interactions sociales. [5]
Différentes études ont concerné le déficit de la mémoire visuelle. Certaines d'entre elles possédaient des tests communs pour évaluer cela.

Le test of visual perceptual skils (TVPS) a permis d'évaluer la mémoire visuelle dans plusieurs études.
Le groupe de I-Jou Chi et Ling-Yi Lin et celui de Yee-Pay Wuang, Chien-Ling Huang, Hsien-Yu Tsai ont analysé les résultats obtenus lors du passage de ce test sur 2 types d'autisme. Pour le premier groupe, l'étude était réalisée avec des personnes autistes faibles voir modérés (QI pour le groupe des autistes : 30 avait un QI > 85, 27 avaient un QI entre 70 et 85, 9 avait un QI < 70). Quant à la 2eme étude, elle a été réalisée avec un groupe d'autistes asperger et de haut niveau.

Ces études ont toutes montré que la mémoire visuelle et la mémoire séquentielle étaient déficitaires. [6], [7]

Des tests différents ont été utilisés dans d'autres études. Leurs résultats étaient similaires à ceux retrouvé lors du passage du TVPS. La mémoire visuelle était déficitaire.

Le trouble de l'attention (TDA)

Comme pour l'autisme, des études ont mis en évidence le déficit de la mémoire visuelle.

Le TVPS a été de nouveau utilisé pour évaluer les capacités de mémorisation visuelle chez les personnes présentant un TDA.
A nouveau 2 groupes d'études ont été créé pour apprécier ces capacités.
La première étude a été mené par : Ankita Patel, Mona Gajre, Prashant Bhandarkar, Vyankatesh Parlikar.
La seconde étude a été mené par : Michelle Y. Kibby, Sarah M. Dyer, Sarah A. Vadnais, Audreyana C. Jagger, Gabriel A. Casher and Maria Stacy.

La mémoire visuelle serait bien déficitaire chez les personnes présentant un TDA. En revanche, le résultat est un peu flou concernant la mémoire séquentielle. En effet, certaines études montrent un déficit de la mémoire séquentielle alors que d'autres montrent une capacité de mémorisation des séquences similaire au groupe témoin (sans TDA). [8], [9]

Le Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB) est la seconde batterie de test que l'on retrouve assez fréquemment pour analyser les capacités de mémorisation visuelle chez les TDA.

2 études ont été réalisées avec ce test-là.
La première a pu être réalisée par : C. Y. Shang et S. S. Gau. La seconde a été fait par : R. Barnett, P. Maruff et A. Vance.

La mémoire visuelle et la mémoire visuo-spatiale sont plus faibles chez les personnes ayant un TDA. De plus, fait étonnant, les frères et sœurs des TDAH, qui n'ont eux-mêmes pas de trouble, ont une mémoire visuelle moins bonne que le groupe témoin. [10], [11]

La vie quotidienne et l'apprentissage avec un déficit de la mémoire visuelle

Avoir une mémoire visuelle de mauvaise qualité a un impact sur la vie quotidienne et sur l'apprentissage d'un enfant.
Nous nous sommes rendu compte que des difficultés apparaissaient lors de la tâche de lecture, de copie (orthographe, écriture) et lors des mathématiques. [12]

La lecture

La mémoire séquentielle est une des mémoires visuelles que l'on utilise lors de la lecture.
Quand cette mémoire est altérée, les mots sont vus comme un flou ce qui altère leur reconnaissance. Cela va donc créer des inversions de mots, des confusions, ce qui pénalise grandement la lecture.

La mémoire visuelle à long terme est la seconde mémoire qui intervient lors de la lecture.
Si cette mémoire est déficitaire, des difficultés dans la compréhension du texte, des mots vont apparaître. Cela serait dû à un échec d'encodage de la mémorisation. Les lettres et les mots sont alors retenus dans le mauvais ordre.
Le cerveau ne conserve pas les caractéristiques visuelles du mot.

La mémoire visuelle de travail est la dernière mémoire que l'on peut utiliser lors de la lecture.
La mémoire de travail permet de jongler entre toutes les informations visuelles.
Si l'enfant a des difficultés avec cette mémoire, il aura une lecture plus lente.

La copie, l'écriture et l'orthographe

La mémoire visuelle à long terme permet le stockage et la récupération des informations visuelles. Cela permettra d'écrire un mot sans faute.
Plusieurs répercussions sont possibles si cette mémoire est altérée. La personne ne pourra pas reproduire ou reconnaître les mots précédemment enseignés.

La **mémoire séquentielle** permet de retenir une séquence de lettres. Si elle est altérée, l'orthographe du mot ne pourra être correctement retenu. Cela donnera lieu à :
- Des inversions de lettres
- Des oublis de lettres
- Des confusions
- Beaucoup de fautes d'orthographes

La verbalisation lors de la tâche d'écriture sera essentielle. La tâche de copie sera lente

Les mathématiques

Lors des mathématiques, la mémoire visuo-spatiale est l'une des mémoires primordiales.
Si elle est déficitaire, plusieurs répercussions seront à noter :
- Difficulté à se souvenir de la forme des chiffres : des confusions entre les chiffres qui se ressemblent (6-9, 2-5). Des confusions sur les formes peuvent aussi apparaître (rectangle-carré, ovale-cercle)
- Difficulté à manipuler les formes mentalement
- Difficulté à poser des calculs mentaux

La rééducation

Si nous mesurons une mémoire visuelle déficitaire, nous pouvons mettre en place une rééducation.
Le but de la rééducation sera d'installer stratégies mnésiques de meilleure qualité afin d'améliorer la mémorisation d'informations visuelles.

Des processus sont essentiels à maitriser pour que la rééducation de la mémoire visuelle soit efficace :
- L'attention
- La mémoire de travail
- La fixation centrale
- L'oculomotricité

La rééducation se fait à l'aide de jeux et d'exercices. Tous jeux permettent de travailler la mémoire visuelle. En revanche si nous voulons rééduquer une mémoire visuelle spécifique, il faudra aussi adapter le jeu en fonction. Par exemple, le jeu des sardines permettra de travailler la mémoire séquentielle en particulier.
La rééducation permet aussi la mise en place de stratégies mnésiques. Plusieurs types existent :

- **La stratégie de répétition** (apparition : vers les 7 ans) : Cette stratégie est basée sur la répétition d'une même tache.
- **La stratégie d'organisation** (apparition : vers les 10 ans) : Regroupement de données pour augmenter la quantité d'information retenue (ex : se souvenir des chiffres suivants : 0-6-7-3-4-5-2-1-4-3-4. La mémorisation sera plus facile en regroupant les chiffres ainsi : 067-345-214-34).
  Elle nécessite que les bases soient acquises et organisées dans la mémoire sémantique.
- **La stratégie d'élaboration et d'association** (non utilisé par tout le monde) : cette stratégie implique une bonne imagerie mnésique.
  Elle se traduit par la capacité d'une personne d'associer un mot ou un groupe d'information à une image mentale pour s'en rappeler (ex : devoir se souvenir d'un enchainement de formes sous la forme d'histoire)
- **La stratégie d'étude** : Au cœur de l'apprentissage. Elle se développe tout au long de la scolarité. Elle permet de se souvenir des principaux points ou du sens général sur un sujet (ce que nous avons souligné, surligné, etc).

Ces stratégies vont permettre de développer les capacités mnésiques d'un individu. Elles peuvent être utilisé à partir l'âge d'apparition jusqu'à la personne âgée. Phrase pas claire

Conclusion

La mémoire visuelle reste un processus complexe par sa localisation et par sa variété de sous-types. Cela explique que dans certains troubles/pathologies (autisme, TDA), on retrouve une mémoire visuelle déficitaire.
Des répercussions de ce déficit sont alors constatées lors des apprentissages et des activités de la vie quotidienne.
C'est pour cela que des séances de rééducation peuvent être mises en place pour améliorer ce processus cognitif.

Bibliographie

[1] Slotnick SD. Visual Memory and Visual Perception Recruit Common Neural Substrates. Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews 2004;3:207–21. https://doi.org/10.1177/1534582304274070.

[2] Volle E. Organisation anatomo-fonctionnelle du cortex prefrontal latéral pour la mémoire de travail n.d.:242.

[3] Takeda M. Brain mechanisms of visual long-term memory retrieval in primates. Neuroscience Research 2019;142:7–15. https://doi.org/10.1016/j.neures.2018.06.005.

[4] Brieber S, Neufang S, Bruning N, Kamp-Becker I, Remschmidt H, Herpertz-Dahlmann B, et al. Structural brain abnormalities in adolescents with autism spectrum disorder and patients with attention deficit/hyperactivity disorder. Journal of Child Psychology and Psychiatry 2007;48:1251–8. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2007.01799.x.

[5] HAS-autisme.pdf n.d.

[6] Chi I, Lin L. Relationship Between the Performance of Self-Care and Visual Perception Among Young Children With Autism Spectrum Disorder and Typical Developing Children. Autism Research 2020:aur.2367. https://doi.org/10.1002/aur.2367.

[7] Wuang Y-P, Huang C-L, Tsai H-Y. Sensory Integration and Perceptual-Motor Profiles in School-Aged Children with Autistic Spectrum Disorder. NDT 2020;Volume 16:1661–73. https://doi.org/10.2147/NDT.S253337.

[8] Patel A, Gajre M, Bhandarkar P, Parlikar V. Visual perception skill profile pattern in children with learning disorder. Int J Contemp Pediatr 2020;7:1860. https://doi.org/10.18203/2349-3291.ijcp20203643.

[9] Kibby MY, Dyer SM, Vadnais SA, Jagger AC, Casher GA, Stacy M. Visual processing in reading disorders and attention-

deficit/hyperactivity disorder and its contribution to basic reading ability. Front Psychol 2015;6. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01635.

[10] Shang CY, Gau SS. Visual memory as a potential cognitive endophenotype of attention deficit hyperactivity disorder. Psychol Med 2011;41:2603–14. https://doi.org/10.1017/S0033291711000857.

[11] Barnett R, Maruff P, Vance A. An investigation of visuospatial memory impairment in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), combined type. Psychol Med 2005;35:1433–43. https://doi.org/10.1017/S0033291705005234.

[12] Visual Memory Problems in Children Can Interfere With Learning | Dr. Phil Nicholson's Visual Learning Center n.d. http://www.visuallearningcenter.com/visual-memory-problems-in-children-can-interfere-with-learning/ (accessed January 12, 2021).

Coline KINDER
Étudiante en 3éme année Orthoptie
Article lié au mémoire de fin d'études d'Orthoptie

Aix-Marseille Université - Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales - 27 boulevard Jean Moulin - 13385 Marseille Cedex 5
Tél. : +33 (0)4 91 32 43 00
Site : http://smpm.univ-amu.fr

E-mail : coline.kinder@orange.fr

SOMMAIRE

INTRODUCTION **p. 1**

1. Mémoire visuelle **p. 1**

1.1. Les différents types de mémoires visuelles p. 1
1.1.1. La mémoire visuelle à court terme p. 2
a- La mémoire visuelle de travail p. 2
b- La mémoire séquentielle p. 2
c- La mémoire visuo-spatiale p. 2
1.1.2. La mémoire visuelle à long terme p. 3
a- La mémoire procédurale p. 3
b- La mémoire déclarative p. 3
1.2. Localisation des différentes mémoires visuelles ? p. 3
1.2.1. Localisation de la mémoire visuelle à court terme p. 4
a- 1ere zone active dans la mémoire visuelle à court terme : la voie du « quoi » p. 4
b- 1ere zone active dans la mémoire visuelle à court terme : la voie du « où » p. 4
c- 3eme zone active dans la mémoire visuelle à court terme : le cortex préfrontal p. 4
1.2.2. Localisation de la mémoire visuelle à long terme p. 5
a- 1ére zone active dans la mémoire visuelle à long terme : l'hippocampe p. 5
b- 2de zone active dans la mémoire visuelle à long terme : le cortex périrhinal p. 5
c- 3eme zone active dans la mémoire visuelle à long terme : le cortex entorhinal p. 5
1.3. Comment tester les différentes mémoires visuelles ? p. 5
1.3.1. Tests pour la mémoire visuelle utilisés par les orthoptistes p. 6
a- TVPS p. 6
b- MVPT p. 6
c- KOPV p. 6
1.3.2. Tests pour la mémoire visuelle utilisés par les neuropsychologues p. 6
a- CANTAB p. 7
b- EVA p. 7
1.3.3. Test pour la mémoire visuelle utilisé par les orthophonistes p. 7
1.3.4. Test pour la mémoire visuelle utilisé par les ergothérapeutes p. 8
1.3.5. Tests pour la mémoire visuelle utilisés par les psychologues p. 8
1.3.6. Test pour la mémoire visuelle utilisé par les psychomotriciens p. 8

2. Autisme et mémoire visuelle **p. 9**

2.1. Qu'est-ce que l'autisme ? p. 9
2.2. Est ce qu'il y aurait une zone cérébrale touchée chez les personnes autistes ? p. 10
2.3. La mémoire visuelle est-elle supérieure, normal ou déficitaire chez les autistes par rapport aux enfants n'ayant pas ce trouble ? p. 10
2.3.1. Autisme et TVPS p. 10
2.3.2. Recherches faites avec divers tests p. 11
2.3.2.1. Étude concernant la mémoire visuelle à long terme p. 12

2.3.2.2. Étude concernant la mémoire visuelle à court terme p. 13

3. Comparaison trouble du spectre autistique et trouble de l'attention p. 15

4. Mémoire visuelle dans les troubles de l'attention p. 15

4.1. Qu'est qu'un trouble de l'attention ? p. 15
4.2. La mémoire visuelle et l'attention p. 15
a- 1ére étape : L'encodage p. 16
b- 2éme étape : Le stockage p. 16
c- 3éme étape : La récupération p. 16
4.3. Mémoire visuelle est-elle déficitaire chez les enfants TDAH ? p. 16
4.3.1. Trouble de l'attention et TVPS p. 16
4.3.2. Recherches faites avec divers tests p. 19

5. Mémoire visuelle, vie quotidienne et apprentissage p. 22

5.1. Lors de la lecture p. 22
5.1.1. Rôle de la mémoire p. 22
5.1.2. Conséquence d'une mémoire déficitaire p. 23
5.2. Lors de l'écriture, de la copie, pour l'orthographe p. 23
5.2.1. Rôle de la mémoire p. 23
5.2.2. Conséquence d'une mémoire déficitaire p. 24
5.3. Lors des mathématiques p. 25
5.3.1. Rôle de la mémoire p. 25
5.3.2. Conséquence d'une mémoire déficitaire p. 25
5.4. Comment rééduquer la mémoire visuelle p. 26
5.4.1. Éléments importants lors de la mémorisation et de la rééducation de celle-ci p. 26
5.4.1.1. Processus fonctionnels p. 26
a- L'attention p. 26
b- La mémoire de travail p. 26
5.4.1.2. Processus oculomoteurs p. 26
a- La fixation centrale p. 26
b- L'oculomotricité p. 27
5.4.2. Les stratégies mnésiques p. 27
5.4.3. Quelques jeux de rééducation pour la mémoire visuelle p. 28
a- Jeux qui permettent le travail spécifique de la mémoire visuelle p. 28
b- Jeux qui permettent le travail de la mémoire visuelle et de d'autres processus visuels p. 29

CONCLUSION p. 30

BIBLIOGRAPHIE p. 31

ANNEXES p. 34

INTRODUCTION

La mémoire est la capacité d'enregistrer, d'élaborer, de récupérer et d'utiliser des informations. C'est un processus qui est dynamique. Elle permet la création de la base de notre identité, ce qui nous permet d'être en lien avec notre passé et notre futur.

La mémoire visuelle représente 80% des informations transmises au cerveau. Cela signifie que la mémoire visuelle prend une place importante dans notre vie quotidienne et dans nos apprentissages. Elle joue même un rôle crucial.

Mais nous nous sommes rendu compte que cette mémoire pouvait se retrouver déficitaire dans certaines pathologies/troubles (autismes, TDAH).

On peut donc se questionner sur différents points : De quoi se compose la mémoire visuelle ? Est-ce que la mémoire visuelle est déficitaire de façon globale chez les patients atteints d'autisme et de TDAH ? Qu'est-ce qu'une mémoire déficitaire peut entraîner dans la vie quotidienne et dans les apprentissages ? Comment la rééduquer ?

1. La mémoire visuelle

1.1. Les différents types de mémoires visuelles

Commençons peut-être par une simple définition de la mémoire. Celle-ci pourrait être définie comme un processus biologique qui permet de stocker et de restituer des informations. La mémoire ne se définit pas par une notion unique. En effet, elle est constituée de plusieurs formes, elles-mêmes fragmentées en multitudes de composantes. Elles sont interactives entre elles et peuvent être étudiées séparément. La mémoire visuelle fait partie des grandes catégories de la mémoire.

La mémoire se rattache à des principes fondamentaux : la motivation, l'attention et les fonctions exécutives. Ces fonctions permettent la prise d'informations nécessaires à une bonne mémorisation.

Une fois que les principes nommés précédemment sont présents, chaque information qui arrive, sera traitée par le sous-type de mémoire qui lui correspond (voir **schéma 1** du déroulé des différentes mémoires en annexe).

Dans un premier temps, les informations acquises iront dans la mémoire sensorielle. Chaque sens est représenté à travers cette mémoire : mémoire du goût, visuelle, olfactive, auditive et tactile.
Nous nous intéresserons seulement à la mémoire visuelle (appelée aussi mémoire iconique). Mais gardons en tête que chacune de ces mémoires possède différentes composantes comme la mémoire visuelle.

La mémoire visuelle se décompose en deux grandes catégories :

- La mémoire visuelle à court terme (ou mémoire transitoire) : mémoire qui permet de retenir une information, la stocker et la restituer pendant quelques secondes voire minutes.
- La mémoire visuelle à long terme : mémoire qui permet de retenir une information durant quelques minutes à toute une vie et de récupérer cette information pour la confronter avec le vécu que l'on a pour la réutiliser.

1.1.1. La mémoire visuelle à court terme

La mémoire visuelle à court terme permet le traitement actif des informations selon leur importance. Elle se décompose en plusieurs éléments. Chaque sous-type de mémoire à court terme joue un rôle important dans la vie quotidienne. Mais attention, cette mémoire à une capacité qui est limitée. En effet, le temps de mémorisation est court et ne permet pas de retenir une grande quantité d'informations. Par exemple, lors de la mémorisation d'un numéro de téléphone, cette mémoire est active. Nous estimons alors que notre mémoire a la capacité de retenir 5 à 9 chiffres. Cela peut aussi s'appliquer pour un nombre de lettres, de mots ou d'informations.

Voici les différentes mémoires visuelles à court terme :

a- La mémoire visuelle de travail

Cette mémoire pourrait être comparée à un jongleur. Elle se définit de la même façon que la mémoire à court terme mais le temps de mémorisation est bien inférieur. Elle ne stocke pas d'information ou la garde 1 à 2 secondes avant de passer à une autre information. En effet, elle se vide et se remplie de données. Elle est en permanence active. Mais elle ne stocke que le résultat final d'une opération pour que l'information soit ensuite envoyée dans la mémoire à long terme.
Il faut savoir que cette mémoire est très coûteuse sur le plan cognitif mais qu'elle est surtout très fragile. Elle joue un rôle considérable dans les apprentissages.
Cette mémoire n'est pas isolée, elle est en constante interaction avec la mémoire à long terme et les fonctions exécutives (planification, inhibition des interférences…). [1]

b- La mémoire séquentielle

Nous pouvons la définir comme la capacité de se souvenir d'une série de formes. Cette mémoire est primordiale dans l'apprentissage au même titre que la mémoire de travail.
Elle permet la manipulation de plusieurs suites de données qui sont liées. Par exemple lors de la mémorisation d'une succession de chiffre (ex : se souvenir d'un numéro de téléphone). Toute la complexité de cette tâche est de se souvenir d'un certain nombre de chiffres dans le bon ordre sinon cela fausse le but final que l'on veut atteindre. [2]

c- La mémoire visuo-spatiale

Elle permet de retenir temporairement des informations visuo-spatiales, informations en lien avec le mouvement, l'orientation, pendant la durée d'une tâche en cours.
Il faut savoir que lors du développement de l'enfant, la mémoire visuo-spatiale serait la première à être utilisée (vers 3-4 ans). Elle serait donc mise en place bien avant la mémoire auditivo-verbale (vers 5-6 ans).

Nous ne pouvons énumérer toutes les mémoires visuelles à court terme car il existe une infinité de sortes de mémoire visuelle à court terme.

Mais finalement, certaines de ces mémorisations finissent par être ancrées dans notre esprit, savoir. Cela se fait par la mémoire visuelle à long terme.

1.1.2. La mémoire visuelle à long terme

La mémoire visuelle à long terme intervient lors de la reconnaissance. Elle contient les informations accumulées sur de longues périodes de temps (quelques semaines, mois, années). Il faut savoir que sa capacité est illimitée. Elle se décompose en deux parties : la mémoire procédurale et la mémoire déclarative.

a- La mémoire procédurale (ou mémoire implicite) :

Elle concède une habilité perceptivo-motrice. Elle permet de développer un savoir-faire mais de manière non consciente et implicite durant l'apprentissage. Cette mémoire n'est pas verbalisable. Nous ne savons pas comment nous avons appris telle ou telle chose (ex : comment nous avons appris à faire du vélo). [1]

b- La mémoire déclarative (ou mémoire explicite) :

Cette mémoire est verbalisable. Elle implique un processus conscient. Cela veut dire que nous savons comment nous avons appris, retenu certaines informations (ex : comment j'ai appris à conjuguer au futur). Cette mémoire, contrairement à la mémoire procédurale, est explicite. Elle serait donc intentionnelle : on fait attention à ce que dit la personne, à ce que l'on voit pour s'en rappeler.

La mémoire déclarative est découpée, elle aussi, en 2 sous types : la mémoire épisodique et la mémoire sémantique.

- La **mémoire sémantique** : Elle permet de restituer les connaissances générales sur le monde. Nous ne savons pas comment nous le savons mais on le sait. Les informations retenues sont indépendantes de l'émotion de la personne et de ces expériences (ex : le nombre de jours dans une semaine : 7. Ou encore, quel est le premier homme à être allé sur la lune ?). [1]

- La **mémoire épisodique** : Elle permet le stockage d'épisodes que l'on a vécu, des émotions que nous avons eues. Elle fait référence à des informations spécifiques à un contexte particulier, avec des informations sur un temps et un lieu. Nous pouvons à travers cette mémoire nous souvenir des détails d'un événement : les émotions que nous avons ressenties, comment s'est déroulé l'évènement, avec qui nous l'avons passé, etc (ex : se souvenir d'un noël en particulier, d'un voyage marquant, d'un concert, etc). [1]

Finalement nous pouvons dire qu'il existe une infinité de sortes de mémoires visuelles à partir du moment où la fonction visuelle est prédominante dans la mémorisation. Même si de nombreuses mémoires existent, toute mémorisation commence par la mémoire sensorielle.

1.2. Localisation des différentes mémoires visuelles ?

Nous avons pu voir dans la partie précédente qu'il existait une multitude de mémoires visuelles à partir du moment où la fonction visuelle entrait en jeu. Pour la localisation de la mémoire visuelle, c'est le même schéma de pensée. Suivant la mémoire visuelle utilisée (mémoire visuelle spatiale, mémoire visuelle des visages, de reconnaissance, …), une zone cérébrale différente est activée. Mais cela est encore plus complexe car chaque type de mémoire visuelle n'active pas qu'une seule aire cérébrale.

Il faut savoir que la localisation est différente pour la mémoire à court terme et la mémoire à long terme.

1.2.1. Localisation de la mémoire visuelle à court terme

Dans un article de Scott D. Slotnick basé sur plusieurs études, la mémoire visuelle et la perception visuelle ont les mêmes substrats neuronaux. Il en ressort que la mémoire visuelle serait activée dans la voie du « quoi » et la voie du « où ». Des zones plus précises encore seraient à l'œuvre dans la mémoire visuelle.

a- 1ere zone active dans la mémoire visuelle à court terme : la voie du « quoi »

La voie ventrale (« quoi ») est active quand la mémoire visuelle est en lien avec la mémorisation des visages, des objets ou encore des détails.

Avec plus de précision au niveau anatomique, nous avons l'activation du : cortex strié puis extra strié avec le lobe occipital. Puis nous avons l'activation de la région temporale avec la région infero-temporal. Plus précisément encore dans cette zone, nous retrouvons certaines parties comme le gyrus fusiforme, le gyrus temporal moyen et le gyrus lingual (voir **schéma 2** anatomique en annexe). [3],[4]

b- 2de zone active dans la mémoire visuelle à court terme : la voie du « où »

La voie dorsale (« où ») est active quand la mémoire visuelle est en lien avec la mémorisation spatiale, la localisation et le mouvement.

Au niveau anatomique, nous avons l'activation du : cortex strié et extra strié à nouveau puis le cortex pariétal. Le cortex pariétal inferieur plus précisément serait impliqué dans le côté mnésique du traitement visuo-spatial. Cela signifie qu'il aurait un rôle dans le stockage à court terme et donc dans la mémoire visuo-spatiale (voir **schéma 3** anatomique en annexe). [3],[4]

Nous retrouvons ces mêmes zones dans une étude de Scott D Slotnick, William L Thompson et Stephen M Kosslyn sur la mémoire visuelle et l'image mentale visuelle.

En revanche, d'autres structures au niveau cérébral seraient aussi importantes dans la mémoire visuelle et particulièrement dans la mémoire visuelle de travail.

c- 3eme zone active dans la mémoire visuelle à court terme : le cortex préfrontal

Dans l'article de Scott D. Slotnick, une zone du cerveau revient fréquemment pour la mémoire visuelle du travail : le cortex préfrontal. En effet, cette partie du cerveau est un lieu où convergent des informations sensorielles provenant de l'ensemble des aires cérébrales associatives (voir **schéma 4** anatomique en annexe). [5]

Certaines études ont montré des déficits de la mémoire visuelle de travail lorsqu'il y a une lésion au niveau temporal mais aussi un déficit de la mémoire de travail spatial lorsqu'il a une lésion au niveau pariétale.

Ce qui permet de confirmer un peu plus l'hypothèse que la mémoire visuelle à court terme serait localisée dans différentes structures nommés précédemment.

En ce qui concerne la mémoire visuelle à long terme, d'autres localisations encore sont à relever mais elles sont moins nombreuses.

1.2.2. Localisation de la mémoire visuelle à long terme

La mémoire visuelle à long terme serait localisée dans la région hippocampique.
Elle mettrait en jeu différentes zones du cerveau. Toutes ces zones auraient leur propre rôle dans la mémoire visuelle à long terme.

En effet à la suite de l'étude de Masaki Takeda : Brain mechanisms of visual long-term memory retrieval in primates, différentes zones ont été mise en évidence :

a- 1ére zone active dans la mémoire visuelle à long terme : l'hippocampe

Une première zone ressort lors des recherches effectuées : l'hippocampe. L'hippocampe est localisé dans le lobe temporal médian (voir **schéma 5** anatomique en annexe).

L'hippocampe aurait un rôle dans la mémoire visuelle à long terme et plus particulièrement pour la mémoire déclarative.
En effet, cette zone cérébrale permettrait la récupération de la mémoire à long terme. Mais, elle serait aussi nécessaire à la consolidation de la mémoire limitée à quelques années. [6]

b- 2de zone active dans la mémoire visuelle à long terme : le cortex périrhinal

Cette zone qui traite la mémoire visuelle à long terme ressort à nouveau dans l'étude de Masatoshi Yoshida, Yuji Naya et Yasushi Miyashita. Il s'agit du cortex périrhinal.

Ce cortex contiendrait les neurones de la mémoire à long terme. Il se situe, lui aussi, dans le lobe temporal médian. Il faut savoir que ce cortex est composé de 2 parties : l'aire 36 de Brodmann et l'aire 35 de Brodmann. Seule l'aire 36 est impliquée dans la mémoire visuelle à long terme. Elle est localisée dans le gyrus parahyppocampique.

La zone 36 reçoit des informations de la voie visuelle ventrale et contribue au stockage et à la récupération de la mémoire visuelle à long terme. Les neurones de cette zone représenteraient la mémoire visuelle-associative à long terme pendant et après l'apprentissage (voir **schéma 5 et 6** anatomique en annexe). [6]

c- 3eme zone active dans la mémoire visuelle à long terme : le cortex entorhinal

Une dernière zone est active lors de la mémoire à long terme. Il s'agit du cortex entorhinal ou aire 28 de Brodmann (voir **schéma 6** anatomique en annexe).

Cette région cérébrale serait essentielle pour soutenir la mémoire de nombreuses années après l'apprentissage. [6]

Finalement pour conclure à cette question, nous pouvons dire que la localisation anatomique de la zone impliquée dans la mémoire visuelle dépend du type d'information qui est traitée (spatial, élément, reconnaissance visage, objet…). Il ne faut donc pas oublier qu'en cas de pathologie, certains secteurs mnésiques sont atteints alors que d'autres ne le sont pas. Cela est dû au fait que chaque mémoire n'a pas la même localisation au niveau cérébral.

1.3. Comment tester les différentes mémoires visuelles ?

La mémoire visuelle peut être testée avec un grand nombre de tests. Chaque professionnel qui l'étudie possède un ou plusieurs tests différents.

1.3.1. Tests pour la mémoire visuelle utilisés par les orthoptistes

La mémoire visuelle peut être évaluée avec une grande variété de tests de manière indirecte car cette mémoire fait partie intégrante de notre quotidien et de chaque chose que nous réalisons. Mais elle peut aussi être testée de manière très spécifique et très localisée. Pour cela différents tests existent :

a- Le Test of Visual Perceptual Skills (TVPS)

Ce test permet d'évaluer les capacités visuo-perceptives d'un individu de 5 à 21 ans. Il est constitué de 7 items : la discrimination visuelle, les relations spatiales, les figures fragmentées, la mémoire visuelle, la mémoire séquentielle, la constance de forme, la discrimination figure-fond.

Les deux items que nous allons le plus aborder seront la mémoire visuelle et la mémoire des séquences.

Ces deux tests sont évalués relativement de la même manière :

- La **mémoire visuelle** : une image est montrée durant 5 secondes avant de tourner la page. Sur la page suivante, 5 propositions sont affichées. Il faut choisir l'image identique à celle sur la page précédente.
- La **mémoire séquentielle** : une succession de figures est montrée durant 5 secondes avant de tourner la page. Sur la page suivante, 4 propositions avec une succession de formes sont affichées. Il faut choisir la séquence identique à celle vue sur la page précédente.

b- Le Motor-Free Visual Perception Test (MVPT)

Ce test permet d'évaluer la perception visuelle d'une personne de 4 à plus de 80 ans. [7] Cet examen ressemble de près au TVPS. D'ailleurs, nous retrouvons une grande partie des items qui sont testés : la discrimination visuelle, la mémoire visuelle, la discrimination figure fond, la relation spatiale et la vision fragmentée.

Celui qui nous intéresse le plus est l'item de la mémoire visuelle. Après quelques recherches, il s'avère que cet examen se déroule de la même manière que le TVPS.

c- KOPV

Ce test est utilisé pour des enfants de 3 à 7 ans. Il permet de tester les capacités visuo-perceptives et les capacités visuo-constructives.

Dans les tests qui sont présentés, il n'y a pas de test spécifique de la mémoire visuelle mais pour la réalisation de chaque item, la mémoire est indirectement testée. En effet, lors des taches visuo-constructives, la mémoire visuo-spatiale et la mémoire de travail sont utilisées. Elles vont permettre de se souvenir de l'endroit où se trouve la forme que l'on vient de regarder. Cela permet ensuite de mettre celle-ci dans le bon sens et au bon endroit.

1.3.2. Tests pour la mémoire visuelle utilisés par les neuropsychologues

La mémoire visuelle peut être testée par des neuropsychologues. D'autres tests sont utilisés avec une approche différente et pour analyser d'autre types de mémoire visuelle.

a- Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB)

Le test CANTAB permet de tester la sensibilité dans les performances neuropsychologiques. Il comprend différents tests concernant : la mémoire de travail, l'apprentissage et les fonctions exécutives, la mémoire visuelle, verbale et épisodique, l'attention, le traitement de l'information et du temps de réaction, la reconnaissance sociale et émotionnelle et enfin la prise de décision et le contrôle des réactions. [8]

Nous allons voir plus en détails les tests qui concernent la mémoire visuelle. Le CANTAB possède plusieurs types d'épreuve :

- Delayed Matching to Sample (DMS) : Le DMS évalue à la fois la capacité d'appariement visuel simultané et la mémoire de reconnaissance visuelle à court terme, pour les modèles non verbalisables.
  Le DMS évalue la capacité du participant à se souvenir des caractéristiques visuelles d'un stimuli complexe et abstrait dans la mémoire de reconnaissance retardée à 4 choix.
- Paired Associates Learning (PAL) : le PAL évalue la mémoire visuelle et les nouveaux apprentissages.
  Il évalue la mémoire visuo-spatiale. L'épreuve consiste à un ensemble de cases qui s'ouvrent une à une à différents endroits. Il faut alors retrouver l'enchainement d'ouverture pour valider le test.
- Pattern Recognition Memory (PRM) : le PRM est un test de mémoire visuelle de reconnaissance des formes dans le cadre de discrimination forcée à deux choix. [9]
- Spatial Span (SSP) ou SRM : évalue la capacité de la mémoire de travail.

Cet examen est relativement long (40-45 min) mais nous allons voir qu'il est très utilisé pour les études.

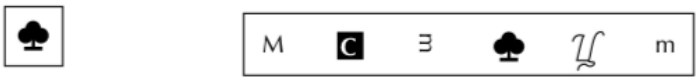
b- EVA

La batterie EVA est un test qui permet l'évaluation des capacités visuo-attentionnelles, de l'analyse et de la mémoire visuelle chez l'enfant de 4 à 6 ans.

9 épreuves la composent : le champ visuel, l'oculomotricité, la stratégie visuelle exploratoire, l'attention sélective, l'orientation et l'attention dans l'espace, l'analyse et la reconnaissance visuelle, et la mémoire visuelle

Concernant le passage du test de mémoire visuelle : Chaque subtest comprend quatre essais, et un point est attribué pour chaque réponse correcte, soit un score maximal de quatre points pour chacun des subtests.

La première feuille de la paire contient le stimulus cible et est présentée pendant sept secondes. Puis sur la seconde feuille de la paire, l'enfant doit désigner le stimulus cible présenté parmi cinq distracteurs.



1.3.3. Test pour la mémoire visuelle utilisé par les orthophonistes

- Le Block-Tapping-Test (BTT) de corsi :

Cet examen évalue l'empan visuo-spatial. L'empan endroit montre les capacités en mémoire visuelle à court terme, et l'empan envers celles de la mémoire de travail.

Les consignes sont assez simples pour ce test :

- Pour évaluer l'empan Endroit : Je montre 2 et 6, le patient doit montrer 2 et 6.
- Pour évaluer l'empan Envers : je montre 1 et 8, le patient doit montrer 8 et 1

1.3.4. Test pour la mémoire visuelle utilisé par les ergothérapeutes

- Developmental Test of Visual Perception (DTVP) :

Cet examen étudie le niveau de la perception visuelle (sans réponse motrice) et de l'intégration visuo-motrice pour des personnes de 4 à 12 ans et 11 mois.

Cet examen permet aussi de tester la mémoire visuelle mais plutôt de manière indirecte car il n'y a pas d'item dédié à la mémoire visuelle.

Il teste cette mémoire par exemple lors du test de copie.

1.3.5. Tests pour la mémoire visuelle utilisés par les psychologues

- WISC : Échelle d'intelligence de Wechsler

Le WISC est un test d'intelligence de 6 ans à 16 ans 11 mois [10]. Il permet de déterminer le quotient intellectuel (QI) de l'enfant ou de l'adolescent, d'obtenir son profil cognitif complet ainsi que le niveau des 5 composantes principales de l'intelligence cognitive :

- Compréhension verbale
- Visuo spatial
- Raisonnement fluide
- Mémoire de travail
- Vitesse de traitement

Nous nous intéresserons à la partie sur la mémoire de travail. Cette composante du test est évaluée de manière visuelle. C'est en cela que nous le plaçons comme un examen qui étudie la mémoire visuelle. En effet, il examine la mémoire des chiffres, des images mais aussi la mémoire séquentielle des chiffres et des lettres.

Sur le même plan, nous avons le WAIS et le WPPSI, qui sont aussi des tests d'intelligence mais dont l'âge de passation est différent. Le WAIS est destiné aux adultes à partir de 16 ans. Quant au WPPSI, il est destiné aux enfants de 2 ans et demi à 7 ans et 7 mois [11].

Ces deux examens testent les mêmes composantes que le WISC.

La mémoire de travail dans le WAIS est testée avec des séquences de chiffres et de lettres comme le WISC.

Pour le WPPSI, étant donné l'âge de passation, la mémoire de travail est testée différemment. Dans cet examen, c'est par la reconnaissance d'images que la mémoire de travail est évaluée et non par la reconnaissance de chiffres.

La mémoire spatiale est aussi mise en jeu dans ce test. Cela est dû à l'âge des enfants (2 ans et demi à 7 ans et 7 mois). A cet âge, c'est l'utilisation de la mémoire spatiale qui prédomine.

1.3.6. Test pour la mémoire visuelle utilisé par les psychomotriciens

- Figure de Rey :

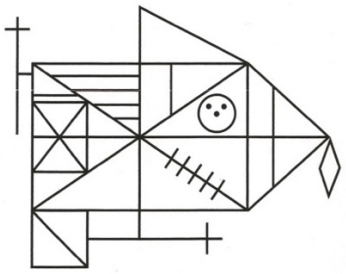
Ce test permet l'évaluation de l'enfant dés 4 ans, de l'adulte et de la personne âgée. Il testerait plutôt la mémoire à long terme.

Cet examen se déroule en 3 temps :

- Un temps de copie avec le modèle
- Un temps de reproduction du dessin de mémoire
- Un temps d'enquête : on demande à l'enfant ce qu'il voit

L'analyse de la copie donne des indications sur la composante grapho-motrice ainsi que sur le repérage visuel et spatial. La mémoire visuelle immédiate, l'attention, la concentration, la planification, les habilités de construction, le contrôle et l'inhibition sont étudiés aussi grâce à cet examen.

Le test de reproduction de mémoire permet d'évaluer la sphère mnésique et le contrôle attentionnel.



Ainsi, chaque profession possède son ou ses tests pour évaluer la mémoire visuelle.

Finalement nous pouvons voir qu'une quantité importante de tests étudie la mémoire visuelle. Soit de manière directe, soit de manière indirecte. Et il en existe encore beaucoup d'autre que nous ne développerons pas (MEM, CMS (children's Memory scale)…).

Ne pourrions-nous pas dire que la mémoire visuelle est dans ce cas constamment étudiée peu importe le test ou l'examen utilisé ?

Si nous prenons par exemple un test de discrimination figure-fond, la forme que nous devons retrouver dans un fond doit être retenue et mémorisée.

De même si nous prenons un test de figure fragmentée. La figure que nous devons retrouver doit être mémorisée. Puis, la mémoire de travail doit intervenir pour jongler entre les différentes informations qui se présentent pour choisir la bonne réponse.

La mémoire visuelle est une fonction très complexe et qui peut être vite étudiée. Nous allons voir maintenant comment les personnes autistes et les personnes TDAH utilisent cette mémoire.

2. Autisme et mémoire visuelle

2.1. Qu'est-ce que l'autisme ?

L'autisme est un trouble envahissant du développement qui s'accompagne généralement de déficits cognitifs altérant les apprentissages et l'intégration sociale. L'autisme est aussi défini comme un trouble du développement qui se traduit par un comportement stéréotypé et répétitif et une altération de la communication. [12],[13]

L'autisme peut être très différent d'une personne à l'autre car les symptômes peuvent varier en fonction du type d'autisme et en fonction de l'âge. Cela rend le diagnostic très difficile. [14]

Le DSM-5 inclus également les problèmes sensoriels comme l'une des 4 caractéristiques de comportement restreint et répétitif. Les problèmes sensoriels sont définis comme une sur ou sous réactivité à la stimulation sensorielle ou une attention atypique sur certains éléments sensoriels de l'environnement.

2.2. Quelle zone cérébrale pourrait être impliquée fonctionnellement chez les personnes ayant un trouble autistique ?

Quelques études font ressortir chez les autistes un déficit ou dysfonctionnement du lobe temporal. [15],[16],[17],[18]

Or nous avons vu précédemment que la mémoire visuelle interviendrait dans cette région neuronale entre autres. Nous pourrions donc nous demander si un déficit de la mémoire visuelle serait présent chez les personnes autistes.

2.3. La mémoire visuelle est-elle supérieure, normal ou déficitaire chez les autistes par rapport aux enfants n'ayant pas ce trouble ?

2.3.1. Autisme et TVPS

AUTISME FAIBLE À MODÉRÉ ET TVPS

Étude : The relationship Between the Performance of Self-Care and Visual Perception Among Young Children With Autism Spectrum Disorder and Typical Developing Children
I-Jou Chi et Ling-Yi Lin

Un constat a été relevé dès le début de cette étude, il y aurait eu une identification de déficits dans la perception visuelle des stimuli dynamiques complexes.

Le déroulement :

132 personnes ont été retenues pour cette étude : 66 autistes et 66 patients témoins. L'âge de sélection était entre 48 et 83 mois (4 ans à environ 7ans).
Les patients présentant un autisme avaient un niveau d'autisme faible à modéré.
Plusieurs épreuves ont été passées : le TVPS et le DTVP.

Dans le cadre de notre problématique, nous regarderons les résultats du TVPS.

Les résultats :

- Les autistes adolescents et enfants auraient une sensibilité moindre aux nouveaux stimuli visuels.
- La mémoire visuelle est moins bonne chez les personnes autistes par rapport aux personnes témoins (ASD : 8,77, TD : 11,08)
- La mémoire séquentielle est moins bonne chez les personnes autistes par rapport aux personnes témoins (ASD : 7,88, TD : 10,85) (voir **tableau 7** récapitulatif des résultats en annexe)

Le test de copie réalisé à l'aide du DTVP fait intervenir la mémoire visuelle. Les résultats sont identiques au TVPS : Niveau plus faible chez les personnes autistes (ASD : 9,83, TD : 13,86). [19]

Les résultats restent significatifs même lorsque nous prenons en compte le facteur QI.

Des limites sont tout de même présentes dans de cette étude : elle ne prend en compte que les symptômes des autismes légers à modérés. La représentation des autistes n'est donc pas assez large.

Des épreuves pour évaluer l'autogestion ont été faites.

Il ressort face à ces épreuves que les difficultés d'autogestion sont liées à la capacité de perception visuelle.

En conclusion, nous pouvons dire que la mémoire visuelle et mémoire séquentielle sont déficitaires chez les personnes atteintes d'autisme.

AUTISME ASPERGER, HAUT NIVEAU ET TVPS

Étude : Sensory integration and perceptual-motor profiles in school aged children with autistic spectrum disorder
Yee-Pay Wuang, Chien-Ling Huang, Hsien-Yu Tsai

Le but de l'étude :
Le but de cette étude est d'étudier l'intégration sensorielle et les performances perceptivo-motrice chez des enfants présentant un trouble du spectre autistique.

Le déroulement :
Pour cette étude, 117 enfants en école primaire (âgé de 5 à 13 ans) ont participé. Ces enfants ont été ensuite divisés en 3 groupes qui correspondaient à des tranches d'âge différentes.
Sur ces 117 enfants, nous avions : 26 asperger, 21 autismes de haut niveau, 70 TED non spécifiés.
Plusieurs tests ont été effectués durant cette étude. Les résultats que nous allons comparer seront ceux du TVPS. Les sous items que nous regarderons seront : la mémoire visuelle et la mémoire séquentielle. [20]

Les résultats (voir **tableau 8** récapitulatif des résultats en annexe) **:**

- Les enfants TSA avaient des capacités de perception visuelle considérablement réduites.
- Des difficultés dans les taches de mémoire visuelle sont relevées. Les enfants présentant un trouble du spectre autistique auraient une mémoire visuelle de travail plus faible en particulier lorsqu'ils ont des difficultés à traiter des informations visuelles rapides.
- Des difficultés importantes pour la mémoire séquentielle sont aussi à noter.

Lors de ces tests, la déficience de la mémoire visuelle serait peut-être liée à l'âge. En effet, les populations au développement normal et celles atteintes d'autisme présentent des améliorations progressives de la mémoire visuelle au fur et à mesure qu'ils grandissent, mais l'ampleur de l'amélioration est plus faible chez les enfants TSA.
Cela signifierait que la progression de la mémoire visuelle au fil des années évolue de manière assez faible chez les personnes autistes. Cela témoignerait bien d'un déficit de la mémoire visuelle.

Une première indication sur les capacités de mémoire visuelle et de mémoire séquentielle chez les patients autistes ressort lors du passage du TVPS.
Ces études mettent en évidence des difficultés lors de la mémoire visuelle et de la mémoire séquentielle.

2.3.2. Recherches faites avec divers tests

Il est compliqué de savoir si la mémoire visuelle est touchée chez les autistes.

D'après différentes études qui testent spécifiquement certains sous types de mémoires visuelles, les résultats se contredisent : dans certaines études la mémoire visuelle est déficitaire

chez les personnes autistes, dans d'autres études elle serait identique chez les personnes autistes et chez les sujets témoins.

Dans la plupart des études, tous les groupes (témoins, autisme) présentaient le même QI. En revanche, dans l'étude de Maryam Salmanian, Mehdi Tehrani-Doost, Maria Ghanbari-Motlagh et Zahra Shahrivar, le QI changeait toute la conclusion de leur étude. En effet si nous gardions l'indicateur QI différent d'un groupe à l'autre (QI plus faible chez les autistes), l'étude montrait que la mémoire visuelle était déficitaire chez les sujets autistes par rapport aux personnes sans ce trouble. Or en supprimant le QI comme covariable, ils constataient qu'aucune différence n'était mesurée entre les deux groupes en termes de performance de mémoire visuelle.

De plus, certaines études testaient plutôt une mémoire visuelle à long terme alors que d'autres une mémoire visuelle à court terme ou de travail.

2.3.2.1. Étude concernant la mémoire visuelle à long terme

AUTISME ET MÉMOIRE DE RECONNAISSANCE (faciale, objet précis)

Étude : Fractionation of visual memory: agency detection and its impairment in autism
R.J.R. Blair, U. Frith, N. Smith, F. Abell, L. Cipolotti

Cette étude concerne la mémoire de reconnaissance visuelle qui serait une mémoire visuelle à long terme.

L'examen qui est effectué, teste plus spécifiquement la mémoire de reconnaissance visuelle des visages, des bâtiments, des animaux, objets chez les personnes autistes.

Les résultats :

- La mémoire de reconnaissance des bâtiments n'est pas altérée.
- La mémoire de reconnaissance faciale serait déficitaire.

Dans l'ensemble, les personnes avec autisme avaient des résultats plus faibles que les patients témoins (en comparant aussi leur âge et leur VQI (QI verbal)). [16]
Un élément était supérieur chez les sujets autistes : la mémorisation des feuilles et des bâtiments.

Les mémoires de reconnaissance d'objets et de reconnaissance faciale sont les plus faibles. Cela peut être dû à la quantité importante de détails sur un visage ou dans certains objets. En effet, un bâtiment est beaucoup moins détaillé qu'un visage donc la reconnaissance de ceux-ci se retrouve non altérée.

Les déficits retrouvés dans cette étude concordent relativement bien par rapport à la possible lésion du lobe temporal que l'on retrouve chez les autistes. En effet, la reconnaissance des visages y est localisée aussi.

Nous ne pouvons pas nous limiter à cette étude pour savoir si l'on retrouve une mémoire visuelle déficitaire chez les autistes car ici seule la mémoire avec des stimulis très spécifiques est montrée.

AUTISME ET MÉMOIRE DE RECONNAISSANCE (de forme avec sens et dénuée de sens)

Étude : Visual Memory Processes in High-Functioning Individuals with Autism.
Rezvan Ameli , Eric Courchesne, Alan Lincoln Alan S. Kaufman Christian Grillon

Cette étude se déroule avec des autismes de haut potentiel. Durant cette étude, on teste la mémoire de reconnaissance visuelle avec des formes qui avaient un sens et des formes dénuées de sens. [21]

Dans un premier temps, l'examen se déroule avec la présentation de cartes. Les patients doivent associer chaque carte à ce qu'ils voient dans le même sens. Ils ont alors 10 secondes pour faire la correspondance.
Dans un second temps, la personne doit trouver quelle figure/carte il manque par rapport à ce qu'elle avait vu auparavant.

À la suite de cette étude il a été montré que les personnes autistes ont été un peu moins performantes que les patients témoins, pour la mémoire de reconnaissance visuelle (autant pour les images avec signification que dénuées de sens).

Un élément se révèle dans ces deux études, la mémoire visuelle à long terme chez les autistes serait déficitaire par rapport à une population témoin ne présentant pas ce trouble. Cette mémoire serait déficitaire lorsque nous montrons certains stimuli (visage, formes), qu'ils aient un sens ou non. [22]

Qu'en est-il de la mémoire visuelle à court terme ? est-elle, elle aussi, pénalisée ?

2.3.2.2. Étude concernant la mémoire visuelle à court terme

AUTISME ET MÉMOIRE DE TRAVAIL

Étude : Weakness of Visual Working Memory in Autism
Yasuko Funabiki and Taiko Shiwa

À travers cette étude, c'était la mémoire visuelle de travail qui était testée chez les personnes autistes.

Le déroulement :

Il est assez simple. Des carrés rouges sont présentés dans un certain ordre. La personne doit alors reproduire l'apparition des carrés dans le même ordre. Par la suite le nombre de carrés va évoluer passant de 2 à 8.

Les résultats :

Le résultat final montre que les personnes autistes présentent un score moyen de 8,59 et 9,59 alors que le groupe témoins : 9,80 et 10,77.

La mémoire visuelle de travail chez les personnes atteintes d'autisme est plus faible que le groupe témoin de cette étude. [23]

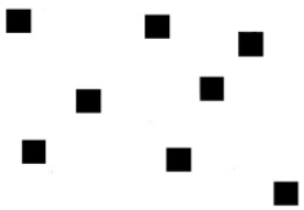


Figure 1. A demonstration card for the visual memory span test.

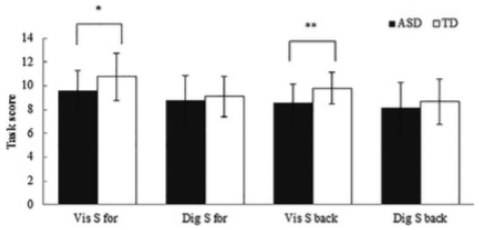


Figure 3. Mean scores of the working memory; error bars show the standard deviations. Vis S for is the Visual Memory Span subtest (forward). Dig S for is the Digit Span subtest (forward). Vis S back is the Visual Memory Span subtest (backward). Dig S back is the Digit Span subtest (backward).*$P < .05$, **$P < .01$. The ASD group was significantly lower than the TD group only in visual working memory.

AUTISME ET MÉMOIRE VISUO-SPATIALE

<u>Étude</u> : Visuospatial Working Memory in Children with Autism: The Effect of a Semantic and Global Organization
Irene C. Mammarella, David Giofrè, Sara Caviola, Cesare Cornoldi & Colin Hamilton

A travers cette étude, nous allons voir la mémoire de travail visuo-spatial chez les personnes autistes.

Les personnes ayant un autisme de type syndrome d'asperger ont été exclues de cette étude.

Le déroulement :

L'étude s'est construite avec 2 tests : le 1er pour la sémantique haute et le 2eme pour la sémantique basse.

Des planches sémantiques sont présentées avec des carrés noirs et des carrés blancs (apparence de damier). Pour l'explication de l'épreuve, il y a eu 5 essais avec un niveau de complexité de 4-5 éléments. Puis pour l'épreuve, la complexité a augmenté de 6 à 13 carrés remplis (noir) qui ont été présentés au hasard. Dans le test, il y avait toujours 50% de sémantique faible et 50% sémantique complexe et cela sur 20 essais.

Pour chaque essai, il faut se souvenir des emplacements noirs et blancs. Des propositions sont données ensuite. Les patients doivent alors appuyer sur un bouton pour indiquer si la grille est identique à celle qu'ils ont vu ou si elle est différente (voir **schéma** 9 explicatif du déroulement de l'épreuve en annexe).

Les résultats :

Dans cette étude les personnes autistes ont le même niveau que les personnes témoins peu importe la complexité haute ou faible des stimuli.

Nous pouvons donc dire que la mémoire de travail visuo-spatiale ne serait pas déficitaire. Mais cela ne veut pas dire que la mémoire visuelle à court terme n'est pas déficitaire chez les autistes. [24]

À la suite de ces études, nous pouvons souligner que la mémoire à court terme n'est déficitaire que sur certains points. La mémoire de travail est altérée chez les personnes présentant un autisme. Contrairement à la mémoire visuo-spatiale qui est normale chez les autistes.

Finalement à travers toutes ces études, nous pouvons constater que la mémoire visuelle (mémoire visuelle à long terme et à court terme) serait déficitaire chez les personnes présentant un autisme, à l'exception de la mémoire à court terme visuo-spatiale.

Une question peut alors se poser à nouveau : Est-ce que la mémoire visuelle dans sa globalité est affectée chez les personnes autistes ? Lorsqu'il n'est pas possible pour eux de communiquer verbalement, ils apprennent le langage des signes, or pour l'apprentissage de cette langue, la mémoire visuelle est essentielle autant à court terme qu'à long terme.

3. Comparaison trouble du spectre autistique et trouble de l'attention

Nous avons relevé précédemment chez les personnes autistes que la mémoire visuelle pouvait être déficitaire et que cela pouvait être dû à une anomalie au niveau du lobe temporal.

Dans une étude qui compare les anomalies cérébrales chez les personnes autistes et les personnes ayant un trouble de l'attention, on retrouve des similitudes. Dans les deux groupes, il y aurait une anomalie commune au niveau du lobe temporal médian comme nous l'avons vu précédemment chez les autistes et une anomalie du cortex pariétal inférieur. [25]

Ces deux zones font intervenir la mémoire visuelle, nous pouvons donc nous demander si un déficit de la mémoire visuelle peut être retrouvé chez les personnes ayant un TDAH ?

4. Mémoire visuelle dans les troubles de l'attention

4.1. Qu'est qu'un trouble de l'attention ?

Le trouble de l'attention est caractérisé par 3 symptômes qui varient en intensité d'une personne à une autre :

- Déficit de l'attention : qui se caractérise par une incapacité à maintenir son attention, à terminer une tache.
- Hyperactivité motrice : qui se définit par une agitation, une incapacité à rester en place. Cela se verra en classe par un enfant qui bouge beaucoup sur sa chaise, qui aura tendance à vouloir se déplacer
- Impulsivité : qui va se caractériser par une difficulté à attendre, un besoin d'agir.

Il faut savoir que ces 3 symptômes peuvent être plus ou moins présents de manière indépendante et intense. Un symptôme sera peut-être plus représenté que les 2 autres. Tout comme un symptôme peut être très peu présent par rapport aux deux autres.
Ces caractéristiques altèrent de manière durable et significative les taches scolaires, les relations sociales et la qualité de vie de la personne même à l'âge adulte.

D'après mes recherches, les deux déficiences neuropsychologiques les plus frappantes dans les TDAH concernent les fonctions exécutives et la mémoire. Mais les déficits de la fonction exécutive ne se retrouvent pas tout le temps dans les TDAH.

4.2. La mémoire visuelle et l'attention

L'attention et la mémoire ont un lien qui n'est pas négligeable.

L'attention influence de manière importante la mémoire visuelle de travail. En effet, l'attention visuelle joue un rôle dans l'encodage de la mémoire visuelle de travail mais aussi dans la maintenance sélective de la mémoire visuelle de travail.

Pour comprendre le lien entre la mémoire et l'attention, il faut d'abord connaître les processus de la mémoire et du traitement de l'information.

En réalité la mémoire visuelle est un ensemble de processus par lequel le système nerveux intègre une nouvelle information visuelle.

Il y a trois étapes dans le processus de mémorisation :

a- 1ére étape : L'encodage

Un stimulus est présenté à la personne. Ce stimulus provenant du système visuel est traité par le système qui gère la mémoire visuelle. À la suite de cela, il y a une activation et une implication de la mémoire à court terme.

C'est à ce moment-là que l'attention et la motivation vont être indispensables. Pour qu'un stimulus soit intégré, il faut que les informations soient de bonne qualité. L'attention visuelle est le mécanisme par lequel nous sélectionnons les informations visuelles pertinentes pour le comportement quotidien.

b- 2ème étape : Le stockage

Le stockage est l'étape qui implique un maintien de l'information dans la mémoire à long terme. En effet, soit l'information est oubliée au bout de quelques secondes, soit il y a une consolidation de cette information dans la mémoire au bout d'un certain temps.

c- 3ème étape : La récupération

Cette étape permet de récupérer une information visuelle qui a été mémorisée, et par la suite de l'utiliser.

Si l'attention visuelle n'est pas bonne alors le processus d'encodage est mauvais. Donc par la suite tous les autres processus qui interviennent dans la mémorisation seront aussi de mauvaise qualité.

4.3. La mémoire visuelle est-elle déficitaire chez les enfants TDAH ?

4.3.1. Trouble de l'attention et TVPS

TDAH, MÉMOIRE VISUELLE-SÉQUENTIELLE ET METHYLPHENIDATE

Étude : Effects of psycho-educational training and stimulant medication on visual perceptual skills in children with attention deficit hyperactivity disorder
Antigone S Papavasiliou, Irene Nikaina, Ioanna Rizou, Stratos Alexandrou

Cette étude est basée sur le test du TVPS. Le but est de voir l'évolution du test avant et après la prise d'un psychostimulant (méthylphénidate) et une formation psycho-éducative chez les TDAH

Le déroulement :

Le TVPS a été passé 2 fois. Une fois avant la formation psycho-éducative et une seconde fois, 8 mois après le début de la formation et après médication (méthylphénidate).

Certains enfants ont été médicamenté avec le psychostimulant avant de passer le premier test TVPS.

Nous ne ferons attention qu'aux tests de mémoire visuelle et de mémoire des séquences.

Les résultats :

- Résultats pour la **mémoire visuelle** :
  - Lors du pré-test, la mémoire visuelle testée avec médicament (pris avant l'examen) présente un score inférieur par rapport aux patients sans médicament.
  - Lors du post-test, la mémoire visuelle testée avec médicament a un score supérieur à celui des personnes sans médicament.
  - Nous constatons qu'après la formation et les médicaments, la mémoire visuelle est bien supérieure que lors du premier test.

- Résultats pour la **mémoire séquentielle** :
  - Lors du pré-test, la mémoire visuelle testée avec médicament présente un score égal par rapport aux patients sans médicament.
  - Lors du post-test, la mémoire visuelle testée avec médicament a un score supérieur à celui des personnes sans médicament.
  - Nous constatons qu'après la formation et les médicaments, la mémoire des séquences est bien supérieure que lors du premier test.

Nous pouvons conclure que la mémoire visuelle est déficitaire pour les TDAH. En revanche, la mémoire séquentielle reste identique entre les deux groupes de patients (médicamentés et non médicamentés). Nous pouvons aussi constater ce déficit par la prise de méthylphénidate qui améliore la mémoire visuelle lors du second passage du test (voir **tableau 10** des résultats en annexe). [26]

Le méthylphénidate améliore les performances de vigilance, la mémoire à court terme et la résolution de problèmes visuels. Donc il n'est pas étonnant de constater une mémoire visuelle qui s'améliore lors du 2eme passage du test. Ces stimulants ont un effet bénéfique sur la concentration et sur le comportement au travail mais cela sur du court terme.

TDAH ET TVPS

2 études :

- **1ere étude : Visual perception skill profile pattern in children with learning disorder**
- **2eme étude : Visual processing in reading disorders and attention-deficit/hyperactivity disorder and its contribution to basic reading ability**

Ces deux études mettent en commun un résultat similaire, qui est : une mémoire visuelle déficitaire.

La différence entre ces deux études serait au niveau de la mémoire séquentielle. Dans ces deux études, les résultats ne sont pas identiques.

Première étude :

Le déroulement :

Lors de cette étude, 103 enfants entre 8 et 18 ans ont été sélectionné. Tous ont été diagnostiqués avec un trouble des apprentissages. 59 d'entre eux présentaient un TDAH.
Ces enfants ont eu comme épreuve : le test du TVPS. [27]

Les résultats (voir **tableau 11** des résultats en annexe) **:**

- La mémoire visuelle, la discrimination visuelle et la constance de forme sont les sous tests les plus déficitaires.

- Pour la mémoire visuelle : La mémoire visuelle est plus faible chez les personnes ayant un TDAH par rapport à ceux qui ne présentaient pas ce trouble spécifique.
  ➔ Le score : avec TDAH : 8,91, sans TDAH : 10,21
- Pour la mémoire séquentielle : une différence existe mais il n'y a pas un écart assez important pour dire qu'il y a un déficit de la mémoire séquentielle.
  ➔ Le score : avec TDAH : 10,02, sans TDAH : 9,91

La limite de cette étude n'est pas négligeable. En effet, il faut bien prendre en compte que tous ces TDAH ont un trouble de l'apprentissage associé. Le TDAH n'est pas spécifiquement testé car cette étude comprend d'autres troubles des apprentissages. Cela signifie que le trouble de la mémoire visuelle n'est peut-être pas dû au TDAH.

En conclusion de cette étude, il faut noter qu'un déficit de la mémoire visuelle est présent.

Seconde étude :

L'étude fait intervenir des personnes ayant un trouble de la lecture et elle inclut des personnes avec TDAH.

Le déroulement :

Lors du déroulement de cette étude, 264 enfants ont été sélectionné (de 8 à 12 ans). Dans ce groupe de personnes, il y avait :

- 51 troubles du développement
- 88 troubles TDAH
- 51 présentant les 2 troubles (groupe que l'on nommera : groupe RD)
- 74 sans trouble

Plusieurs tests ont été effectués dont le TVPS. Nous insisterons sur les résultats de ce test en particulier. Trois éléments sont évalués lors de cette étude :

- Discrimination des figures complexes
- Mémoire à court terme figures complexes = mémoire visuelle
- Mémoire à court terme pour les séquences figure de base = mémoire séquentielle

Les hypothèses :

- Concernant la mémoire visuelle séquentielle : les patients ayant un trouble de la lecture obtiendraient un résultat moins bon que les TDAH et les témoins pour la discrimination et la mémoire à court terme séquentielle
- Concernant la mémoire visuelle avec présentation de figure géométrique : elle serait intacte chez les 2 groupes RD et TDAH

Les premières recherches ont suggéré que la perception visuelle et la mémoire à court terme visuelle jouent un rôle important dans la lecture. Il y a notamment l'intervention de la mémoire visuelle et de la mémoire séquentielle lors de la tache de lecture. [28]

Les résultats : (voir **tableau 12** des résultats en annexe)

- Un niveau plus faible chez les groupes avec trouble par rapport au groupe témoins que ce soit pour la mémoire visuelle ou la mémoire des séquences
- En revanche le groupe TDAH présente une faiblesse moins importante que le groupe RD et que le groupe comorbide

Concernant les résultats, nous pouvons noter dans le cadre de notre problématique que la mémoire visuelle et la mémoire séquentielle chez les TDAH sont moins bonnes que dans le groupe témoin qui ne présente aucun trouble.

En conclusion de cette étude, nous pouvons constater que la mémoire visuelle et la mémoire séquentielle sont bien déficitaires chez les TDAH quand nous les comparons au groupe témoin sans trouble.

La mémoire visuelle serait bien déficitaire chez les personnes présentant un TDAH. En revanche, le résultat est un peu flou concernant la mémoire séquentielle. En effet sur ces 3 études : 2 montrent qu'aucun déficit de la mémoire séquentielle n'est présente alors que la dernière en montre un.

4.3.2. Recherches faites avec divers tests

Les enfants ayant un trouble de l'attention présenterait une mémoire visuelle déficitaire.
Les études auraient tendance à montrer que la mémoire visuelle chez les TDAH est déficitaire.

TDAH ET CANTAB

Étude : Visual memory as a potential cognitive endophenotype of attention deficit hyperactivity disorder
C. Y. Shang et S. S. Gau

Cette étude a permis de tester avec le test de CANTAB, la mémoire visuelle sur des enfants TDAH, sur un groupe témoin et sur un groupe avec les frères et sœurs des enfants TDAH. [29]
L'examen avec le test CANTAB n'a utilisé que les tests pour la mémoire visuelle :

- DMS : Delayed Matching to Sample
- SRM : Spatial Span
- PAL : Paired Associates Learning
- PRM : Pattern Recognition Memory

Les résultats : (voir tableau 14 et courbe 13 des résultats en annexe)

- Pour le DMS : les résultats montrent que ce type de mémoire est plus faible chez les TADH. Le groupe témoin et celui des frères et sœurs sont meilleurs lors de ce test.
- Un autre constat est à faire : Quand le délai de retard (délai entre la présentation du stimuli et la présentation des réponses) est long, les réponses correctes ont tendance à chuter. Ce fait est plus marqué chez les personnes TDAH.
- Pour le SRM : nous remarquons à nouveau un niveau plus faible chez les personnes TDAH
- Pour le PAL : le constat est le même que pour le test SRM
- Pour le PRM : le résultat d'une mémoire déficitaire est plus difficile à connaître. En effet il n'y a pas de preuves concrètes d'une faiblesse dans ce test.

Un élément se dessine dans cette étude : la mémoire visuelle est plus faible chez les personnes ayant un TDAH. De plus, fait étonnant, les frères et sœurs des TDAH auraient une mémoire visuelle moins bonne que le groupe témoin.

Il est à noter que cette étude parle d'un médicament très utilisé pour les TDAH : le méthylphénidate. Ce médicament serait efficace sur les performances de mémoire visuelle en les améliorant. Or cette étude l'évoque sans le démontrer.

TDAH ET MÉMOIRE VISUO-SPATIALE

Étude : An investigation of visuospatial memory impairment in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), combined type
R. Barnett, P. Maruff1 And A. Vance

Cette étude avait pour but d'examiner les troubles de la mémoire visuo-spatiale, en particulier sur les aspects de l'encodage et de la récupération chez les personnes présentant un TDAH. [30]

Le déroulement :

159 enfants de 6 à 12 ans ont participé à cette étude avec un QI supérieur à 70. Parmi ces enfants, il y avait :

- 62 TDAH sans TRT
- 58 TDAH avec TRT
- 39 enfants témoins (sans trouble)

La batterie de CANTAB a été utilisée. Plus spécifiquement le test DTMS, qui évalue la capacité à se souvenir d'un stimulus complexe présenté à l'écran pendant 4 secondes.
Il y avait 4 conditions avec 10 essais au hasard. Plusieurs secondes de décalage ont été mises en place entre la présentation du stimulus et le choix entre les différentes propositions.

Les résultats :

- Les 2 groupes TDAH avec et sans médicaments ont montré une altération dans la tache de mémoire visuo-spatiale.
- Le trouble de la mémoire était indépendant des retards, c'est la phase d'encodage qui est déficitaire plutôt que la phase de récupération de la mémoire

En conclusion de cette étude, les enfants présentant un TDAH ont un déficit de la mémoire visuo-spatiale. Ce déficit ne serait pas dû au fait qu'ils oublient ce qu'ils ont appris mais plutôt à un problème au niveau de l'encodage de l'information visuelle. Ils n'encodent pas efficacement le stimulus à retenir lorsqu'il a été montré.

TDAH, SUIVI DU REGARD ET MÉMOIRE

Étude : The link between visual attention and memory in adhd and normally developing students: seeing is remembering ?
Nasrin Mohammadhasani, Rosa Angela Fabio, Hashem Fardanesh, Javad Hatami

Cette étude vise à analyser le lien entre l'attention visuelle et la mémoire chez les TDAH et les élèves au développement normal.

Cette étude présente 3 objectifs :

- Analyser les schémas visuels pendant une tache visuelle
- Étudier la relation entre l'attention visuelle et la mémoire
- Analyser les comportements visuels entre TDAH et élèves normaux

Le déroulement :

Le déroulement commence avec la sélection de 64 patients : 34 atteints TDAH, 30 au développement normal. Dans les 34 patients TDAH : 21 sous type TDAH inattentif et 13 sous type TDAH combiné. [31]
Deux épreuves sont utilisées :

- Pour évaluer la **mémoire** :

L'épreuve consiste à mémoriser un certain nombre de mots correctement. La mémoire visuelle et la mémoire séquentielle sont donc testées par la présence d'une séquence de lettres dans les mots. Mais elle est moins prise en compte lors de ce test.
La tâche consiste à apprendre 11 listes de 16 mots dans un tableau qui sont présentées sur un écran.

- Pour évaluer **l'attention** :

L'attention est évaluée par une tache de suivi visuel. En effet, il y aura l'utilisation de l'appareil « iAble – my Tobii » pour avoir le suivi du regard.

Les résultats :

Les résultats sont les suivant :

- Les personnes ayant un TDAH retiennent moins de mots que le groupe témoin.
- Les personnes ayant un TDAH mettent plus de temps dans leur fixation avec un comportement visuel anarchique.

Au vu des résultats, nous pouvons corréler les 2 éléments qui sont : le temps de fixation avec un comportement visuel anarchique et la mémorisation. En effet, si une personne ne présente pas une bonne fixation ou un bon comportement visuel, la perception visuelle des mots et des différents éléments visuels ne se fait pas correctement. Cela aura une répercussion sur l'intégration des informations visuelles qui ne sera pas de bonne qualité. La conséquence finale est une mauvaise mémorisation puisque dès l'entrée visuelle, il y a une difficulté.

Il faut aussi noter que l'attention influence ce que les personnes vivent et leurs souvenirs. L'expérience et la mémoire influencent aussi ce que les personnes font.

Chacune de ces études présente un examen différent pour évaluer les capacités de mémorisation visuelle. Le constat est le même pour toutes : la mémoire visuelle serait bien déficitaire chez les personnes ayant un TDAH.

A travers toutes ces études, nous pouvons constater qu'il existe un déficit de la mémoire visuelle. Mais il reste encore des incertitudes sur la mémoire séquentielle.

Alors nous pouvons nous poser encore certaines questions : le trouble de la mémoire est-il dû à un problème de concentration/attention ou dû à un problème au niveau cérébral ? Car rappelons que sans attention, fonctions exécutives et motivation, qui sont les portes d'entrées de la mémoire, la mémoire visuelle est forcément compliquée voire très mauvaise.

Quels pourraient être les impacts de ce déficit de mémoire visuel dans la vie quotidienne et dans les apprentissages ? Et quelles solutions pouvons-nous, en tant qu'orthoptiste, apporter pour améliorer cela ?

5. Mémoire visuelle, vie quotidienne et apprentissage

Il faut savoir que la mémoire visuelle de travail et visuo-spatial sont plus vite mises en place que la mémoire auditive et verbale lors du développement de l'enfant. En effet la mémoire visuelle de travail et visuo-spatial commence à être utilisé vers l'âge de 2-3-4 ans alors que la mémoire auditive et verbale se met en place vers 4-5-6 ans.

Avant d'utiliser la mémoire, il faut savoir que celle-ci n'est rien s'il n'y a pas de motivation, d'attention et de fonctions exécutives. Tous ces principes sont des portes d'entrées pour la mémorisation. Ils sont essentiels pour la mémoire visuelle puisqu'ils gèrent et contrôlent la prise d'information.
En plus de l'attention, la mémoire de travail est essentielle dans la mémoire visuelle.

Rappelons que la mémoire visuelle est en étroite collaboration avec l'image mentale.
En effet, pour apprendre, une personne va créer une image mentale en lien avec ce qu'elle est en train d'apprendre (pour pouvoir conceptualiser le sens). Elle les garde ensuite à l'esprit pour s'en souvenir et les récupérer pour un usage ultérieur.
Le processus de perception visuelle va permettre d'extraire les informations importantes pour les utiliser ou pour venir les stocker dans notre mémoire. Si les détails ne sont pas stockés, il aura du mal à se souvenir, à redire ou reproduire toutes les caractéristiques d'un item donné.
Il faut savoir que la mémoire est fragile et puissante à la fois. Fragile car c'est elle qui provoque parfois les erreurs, les confusions, les amalgames, les oublis…

La mémoire intervient donc dans différentes taches de l'apprentissage : la lecture, la copie ou la tâche d'écriture, les mathématiques.

5.1. Lors de la lecture

5.1.1. Rôle de la mémoire

Dans la lecture, nous utilisons la mémoire visuelle pour relier le mot à sa signification. Nous le faisons en nous rappelant visuellement une image de ce que le mot représente.
Pour comprendre un texte, il faut que chaque mot soit lu correctement et dans le bon ordre. Il faut en comprendre le sens mais il faut aussi que chaque mot et ligne lus soient retenus. Cela permettra la compréhension de l'histoire.
Plusieurs mémoires jouent un rôle dans la lecture : la mémoire séquentielle, la mémoire visuelle à long terme et la mémoire visuelle de travail.

- Concernant la **mémoire séquentielle** :

La mémoire séquentielle va servir lors de la lecture orale. Cette mémoire est utilisée lors de la compréhension d'un paragraphe, d'un texte, elle sert lors de la reconnaissance des mots.

- Concernant la **mémoire visuelle à long terme** :

La mémoire visuelle à long terme est utilisée dans la lecture et la compréhension du texte. Cette mémoire va permettre de retenir l'orthographe de chaque mot qui est lu. Cela aura par la suite un impact lors de l'écriture (dictée, copie).

La mémoire sémantique serait la plus concernée par cette tâche. En effet, une fois que nous avons appris à lire, nous ne réfléchissons plus à la manière d'effectuer cette tâche. La mémoire

sémantique va aussi servir lors de la mémorisation des mots. La prononciation des mots également passe par cette mémoire.

- Concernant la **mémoire visuelle de travail** :

La mémoire visuelle de travail permet de jongler entre toutes les informations visuelles. Elle sert à jongler d'un mot à l'autre, d'une lettre à l'autre lors de la lecture. Elle va permettre de manipuler les différentes informations qui sont lues et de les utiliser lors de la compréhension d'un texte.

5.1.2. Conséquence d'une mémoire déficitaire

La lecture nécessite différents processus pour être efficace. Elle utilise les saccades en majorité mais la mémoire visuelle rentre aussi en compte.
Cela signifie que si la mémoire est mauvaise, la tache de lecture pourrait être difficile.

- S'il y a un déficit de la **mémoire séquentielle** :

Si la mémoire séquentielle est mauvaise, les personnes verront le mot comme un flou. Cela signifie que l'enfant aura du mal à reconnaître le mot. La reconnaissance des mots est primordiale lors de la lecture. Si celle-ci ne se fait pas correctement alors il y aura des inversions de mots, des confusions.

- S'il y a un déficit de la **mémoire visuelle à long terme** :

Si la mémoire visuelle à long terme est déficitaire, on peut retrouver des difficultés dans la compréhension du texte, des mots.
Ce déficit de la mémoire visuelle à long terme serait dû à un échec de codage et de traitement du bon ordre des lettres dans le mot. Cela signifie que l'enfant perçoit le mot comme n'importe qui d'autre, mais que son cerveau ne semble pas conserver les caractéristiques visuelles du mot.

- S'il y a un déficit de la **mémoire visuelle de travail** :

Si la mémoire visuelle de travail est déficitaire, cela signifie que le jonglage ne se fait pas correctement entre ces informations visuelles. Cela engendre donc une lecture plus lente et des erreurs dans la lecture de certains mots.

Les lettres seront lues d'une manière différente. Les lettres et mots n'auront pas de forme (ex : come, was, were). Cela signifie qu'il n'y a aucune différence de hauteur entre les lettres (ex de mot qui ont une forme : « that », « this »). Ces mots qui n'ont pas de rupture naturelle dans la hauteur des lettres seront plus difficile à mémoriser et à reproduire.

5.2. Lors de l'écriture, de la copie, pour l'orthographe

5.2.1. Rôle de la mémoire

La mémoire visuelle est un pilier de l'apprentissage. C'est elle qui permet d'élargir notre vocabulaire, notre lexique et donc d'améliorer au fil des ans notre orthographe, nos productions écrites. C'est grâce à la mémoire visuelle que les textes que nous pouvons rédiger sont riches lexicalement.

La mémoire visuelle sera utilisée lors de l'écriture, lors de la copie et pour une orthographe correcte.

Lors de l'écriture, nous avons besoin de nous souvenir de l'aspect de la lettre que nous sommes sur le point de former. Nous l'utilisons également, avec la constance de la forme, pour construire ce que nous voulons écrire.
Elle va intervenir au moment de la reproduction d'une séquence de lettres ou de syllabes.

En ce qui concerne l'orthographe, nous devons nous rappeler à quoi ressemble un mot pour pouvoir l'épeler correctement. [32] C'est ainsi que la mémoire visuelle va intervenir.

Dans l'étude : Visual memory in a spelling matching task : comparison of good and poor spellers, nous constatons que les étudiants ayant une grande capacité d'imagerie avaient de meilleures capacités de mémorisation des mots et de leur orthographe. Ils manifestaient alors une plus grande capacité à épeler un mot de manière correcte, et étaient plus rapide. [33]

5.2.2. Conséquence d'une mémoire déficitaire

- S'il y a un déficit de la **mémoire visuelle à long terme** :

Si la mémoire visuelle à long terme est déficitaire, cela peut être dû à l'étape du stockage ou à l'étape de la récupération des informations visuelles.

Plusieurs répercussions sont possibles. En effet, la personne ne pourra pas reproduire ou reconnaître les mots précédemment enseignés.

- S'il y a un déficit de la **mémoire séquentielle** :

Si la mémoire séquentielle est mauvaise, les personnes voient à nouveau le mot comme un flou. Cela signifie que le mot ne sera peut-être pas correct quand il sera retenu.

En ce qui concerne l'orthographe, les images visuelles jouent un rôle dans la reconnaissance des mots. Si un enfant n'a pas été capable de stocker correctement en mémoire l'image mentale de l'orthographe d'un mot, il va avoir du mal à se souvenir de la chaine de lettres correctes. Cela peut alors donner lieu à :

- Des inversions de lettre
- Des oublis de lettres
- Des confusions
- Beaucoup de fautes d'orthographes

De plus, lorsque la mémoire séquentielle est mauvaise, on retrouve une tendance à verbaliser en écrivant. Les productions écrites sont pauvres mais aussi plus lentes.

- S'il y a un déficit de la **mémoire visuelle** :

Si la mémoire visuelle n'est pas de bonne qualité, le développement de notre vocabulaire sera mauvais. Par la suite, cela peut engendrer une difficulté dans la reproduction des mots.

Les mots ne sont pas analysés dans les détails si une difficulté de mémorisation est présente. Par exemple : nous prenons 2 mots quasi identiques comme « poisson » et « poison ». Si un enfant ne voit pas dans les détails ces deux mots, alors il peut les voir comme identique : 2 fois le mot « poisson » ou « poison »

Il va alors se tromper dans l'orthographe et par la suite faire des erreurs aussi lors de la lecture.

5.3. Lors des mathématiques

5.3.1. Rôle de la mémoire

Lors des mathématiques, une mentalisation doit se faire pour :

- Le calcul mental
- Se représenter une forme géométrique
- Se représenter la forme d'un chiffre, d'un nombre

Cela fait appel à la mémoire visuo-spatiale et la mémoire visuelle de travail.

- Concernant la **mémoire visuo-spatiale** :

Cette mémoire est utilisée lors d'un calcul mental. La personne doit poser le calcul dans sa tête. La mémoire est mise en jeu car cela demande une représentation de chaque chiffre et de leur emplacement lors d'un calcul.

De plus, elle rentre en compte lors de la géométrie. En effet, cette mémoire est nécessaire pour pouvoir manipuler des figures apprises mentalement. Elle est utilisée pour associer le nom d'une figure à la représentation de celle-ci.

- Concernant la **mémoire visuelle de travail** :

Cette mémoire est aussi mise en jeu car elle permet une manipulation des chiffres et un jonglage entre les différents éléments d'un calcul.

5.3.2. Conséquence d'une mémoire déficitaire

Si une mémoire visuelle est difficile, cela a des répercussions sur le raisonnement. Il y a par la suite une installation de mauvaises compétences mathématiques car la manipulation des informations (chiffres ou formes géométriques) sera mauvaise.

S'il y a un déficit de la mémoire visuo-spatiale, plusieurs difficultés peuvent apparaître :

- Difficulté à se souvenir de la forme des chiffres : il pourrait y avoir des confusions entre les chiffres qui se ressemblent (6-9, 2-5). Des confusions sur les formes peuvent aussi apparaître (rectangle-carré, ovale-cercle)
- Difficulté à manipuler les formes mentalement
- Difficulté à poser des calculs mentaux

Pour rappel, la mémoire visuelle de travail joue un rôle important dans le jonglage entre les informations car elle les traite en continu avant de les envoyer dans la mémoire à long terme. La mémoire à long terme consolide les acquis et permet de faire revenir une information lorsque cela est nécessaire.
Si la mémoire de travail est déficitaire, l'enfant sera en grande difficulté pour tous les apprentissages mais aussi dans sa vie quotidienne. Il devra apprendre les mêmes informations de manière répétée et donc sera plus lent dans son apprentissage par rapport aux autres enfants.

Si un enfant traite trop lentement des informations, il ne pourra pas s'en rappeler ou avoir toutes les informations qu'il a reçues. Si la vitesse de traitement est trop lente alors la mémorisation sera pauvre.

Attention, avoir une mémoire visuelle moins bonne ne veut pas dire que l'enfant est moins intelligent que ses camarades !

5.4. Comment rééduquer la mémoire visuelle ?

5.4.1. Éléments importants lors de la mémorisation et de la rééducation de celle-ci

Plusieurs processus sont importants pour qu'une mémorisation visuelle soit efficace. Les plus utilisés sont l'attention et la mémoire de travail. On retrouve également :

- Pour la mémoire visuelle : la fixation centrale serait un élément à ne pas négliger.
- Pour la mémoire séquentielle : l'oculomotricité serait un élément à ne pas oublier.

5.4.1.1. Processus fonctionnels

a- L'attention

Nous avons déjà abordé plusieurs fois la notion d'attention. C'est la base pour une bonne mémorisation visuelle.
Elle joue un rôle essentiel lors de la prise d'information. L'élément est détaillé avec attention, chaque détail d'un objet ou d'un visage est analysé pour pouvoir s'en rappeler.
Les informations sont alors complètes et de bonne qualité au moment de l'encodage. La récupération d'une information devient possible lors d'une tâche.

Si l'attention est faible, la prise d'information ne sera pas optimale. Cela faussera le reste du traitement mnésique. Par la suite, l'élément ne sera pas traité dans sa globalité et des détails importants seront oubliés.
La récupération d'une information ne sera pas possible ou incomplète lors d'une tache.

b- La mémoire de travail

Elle va permettre le jonglage entre toutes les informations qui arrivent au niveau de l'entrée visuel.
C'est elle qui va être en grande collaboration avec la mémoire visuelle à long terme.

Si cette mémoire de travail n'est pas de bonne qualité, la mémorisation à long terme peut être défectueuse et incomplète.

Lorsque nous pensons à la mémoire visuelle, nous pensons surtout à ces deux processus (mémoire de travail et attention). Mais une mémorisation peut être incorrecte malgré une bonne mémoire de travail et une bonne attention.
La fixation centrale et l'oculomotricité jouent un rôle primordial dans les tâches mnésiques.

5.4.1.2. Processus oculomoteurs

a- La fixation centrale

La fixation centrale est essentielle. Il s'agit du fait de mettre la fovéa sur une cible et de maintenir cette position. Elle se décompose en micro-saccade.

Une bonne fixation va permettre une bonne prise d'information et un bon processus d'encodage.

Si la fixation n'est pas bonne, la qualité de l'image ne sera pas optimale. La partie encodage mnésique et donc la mémorisation ne pourra se faire dans les détails. Certaines informations ne seront pas complètes et de bonne qualité.

Pourquoi la fixation centrale et pas périphérique ? Nous pouvons grâce au champ visuel périphérique avoir des informations sur les mouvements, l'orientation. En revanche, il ne permet pas d'avoir des informations sur les détails (couleur, visages, etc). C'est là que la fixation centrale intervient. Cela signifie que si nous voulons mémoriser une scène (ex : une rue), seule la fixation centrale va permettre d'avoir tous les détails et les informations présentes sur le lieu.

b- L'oculomotricité

Dans oculomotricité, nous parlons de la poursuite oculaire et des saccades oculaires.

La poursuite se définit par le fait de suivre une cible qui est en mouvement. Quant aux saccades, cela se définit par le fait de poser sa fovéa sur une cible puis sur une autre qui arrive en périphérie de notre champ de vision.

Ces deux mouvements oculaires sont importants lors de la mémorisation d'une séquence de formes, lettres, chiffres.

Prenons l'exemple de la lecture pour pouvoir illustrer l'importance de l'oculomotricité lors de la tache mnésique.

Pour pouvoir lire, des saccades sont mises en place. Elles vont permettre de passer d'un groupe de lettres à un autre et d'un mot à l'autre. Si elles sont efficaces, la personne lira correctement le texte (pas de lecture hachée, morcelée) et cela aidera à la compréhension. Cela signifie qu'elle pourra plus facilement restituer l'histoire dans les détails.

Si au contraire ces mouvements ne sont pas bons, le texte sera lu de manière saccadée. Il y aura donc une lenteur lors de la lecture. Par conséquence, le texte ne pourra être bien compris. La restitution de l'histoire sera mauvaise, il manquera des éléments pour la compréhension.

L'oculomotricité et la fixation sont essentielles pour la mémorisation car elles vont permettre une prise d'information complète.

Les processus fonctionnels et sensoriels sont des mécanismes importants pour la mémorisation. Mais n'oublions pas qu'une bonne motricité doit être aussi mise en place pour que les informations soient intégrées correctement, afin de les retenir et de les restituer.

5.4.2. Les stratégies mnésiques

Une rééducation peut être mise en place lorsque des difficultés de mémoire visuelle sont révélées.

Le but de cette rééducation est de mettre en place des stratégies visuelles et de mémorisation. Ces stratégies permettront d'améliorer la qualité de mémorisation et la quantité d'informations que nous pouvons mémoriser.

Deux cas de figure peuvent exister :

- Une stratégie de mémorisation qui a été mise en place durant la scolarité mais dont l'utilisation est mal faite.
- Une stratégie qui n'est pas présente.

La mémorisation peut être difficile si les stratégies sont mauvaises ou inexistantes. En effet, ces méthodes de mémorisation vont jouer un rôle dans le processus d'encodage et de récupération de la mémoire visuelle

Il existe plusieurs stratégies de mémorisation :

- **La stratégie de répétition** : Elle apparaît spontanément vers l'âge de 7 ans. Au fur et à mesure, la personne adapte cette stratégie au matériel. Il s'agit de la répétition d'une même tache.
- **La stratégie d'organisation** : cela consiste à regrouper des informations en groupe pour que la quantité d'information retenue soit plus grande (ex : se souvenir des chiffres suivants : 0-6-7-3-4-5-2-1-4-3- 4. Cela sera plus facile de retenir les chiffres en les regroupant comme cela : 067-345-214-34)
  Cette stratégie est mise en place vers l'âge de 10 ans. Elle nécessite que les bases soient acquises et organisées dans la mémoire sémantique.
- **La stratégie d'élaboration et d'association** : cette stratégie implique une bonne imagerie mnésique. Celle-ci n'est pas utilisée par tout le monde.
  Elle consiste en la capacité d'une personne d'associer un mot ou un groupe d'information à une image mentale pour s'en rappeler (ex : devoir se souvenir d'un enchainement de formes ou de dessins sous forme d'histoire)
- **La stratégie d'étude** : elle se développe tout au long de la scolarité. Elle est au cœur de l'apprentissage des leçons. Elle permet de se souvenir des principaux points ou du sens général sur un sujet (ce que nous avons souligné, surligné, etc). [34]

5.4.3. Quelques jeux de rééducation pour la mémoire visuelle

Plusieurs exercices et jeux peuvent être utilisés lors de la rééducation :

Tout exercice présenté fait appel à la stratégie de répétition. En effet, chaque jeu est fait plusieurs fois pour que la personne s'entraine et mette en place des mécanismes pour améliorer ses capacités mnésiques.

a- Jeux qui permettent le travail spécifique de la mémoire visuelle

Un type de jeu consiste à se souvenir d'une séquence de formes différentes dans le bon ordre et de la restituer. Cela peut se travailler par exemple avec : le jeu des sardines ou avec les carnets de « superposition mentale et mémoire visuelle ».

Lors du jeu des sardine, les tenues, l'orientation et l'ordre des sardines doivent être retenus.
Lors des livrets de superposition mentale et mémoire visuelle, différentes formes géométriques de couleurs (ou non) sont présentées individuellement à la suite. Nous devons nous rappeler de la succession pour avoir la forme finale qui serait présente parmi 4 propositions.
Ces jeux font intervenir plusieurs mémoires : la mémoire séquentielle, la mémoire visuo-spatiale.

Un autre jeu fait travailler la mémoire visuo-spatiale et la mémoire visuelle : le jeu du memory.
Le but de ce jeu consiste à trouver les paires de cartes identiques en les retournant 2 par 2.
Ce jeu fait travailler la mémoire visuo-spatiale car il faut se rappeler de l'emplacement de chaque carte retournée et de leur dessin. Ce jeu pourrait aussi faire travailler la mémoire à long terme car il faut se souvenir de l'emplacement des cartes et de l'image qui était sur cette carte.

Un dernier jeu très intéressant existe pour travailler la mémoire à court terme, mémoire de travail avec des enfants plus grand en âge : la Brainbox.
Le but de ce jeu :

- D'un côté de la carte, on a une image avec différentes informations à retenir (nom du pays, monument, frontière, spécialité, etc)
- De l'autre côté de la carte : des questions sur ce qu'il y avait sur l'image
- Il va falloir mémoriser le plus d'éléments se trouvant sur la carte pour ensuite répondre à la question (ex : combien de frontière posséde la France ? ou encore combien avez-vous compté de kangourou ?)

La difficulté est de retenir le plus d'information possible pour arriver à répondre à la question posée.

b- Jeux qui permettent un travail de la mémoire visuelle et d'autres processus visuels

Le lynx et le dobble sont des jeux qui permettent de travailler la mémoire visuelle de manière non spécifique. En effet, ces jeux font surtout travailler :

- L'exploration visuelle
- Le balayage visuel
- La discrimination visuelle

Ces jeux consistent en la recherche d'objets ou de personnages identique sur 2 supports différents. Or il y a forcément un travail de mémoire visuelle car il faut garder en mémoire ce que l'on cherche, mais aussi se souvenir de l'emplacement de certaines choses que l'on voit.
La mémoire de travail intervient aussi. Nous devons passer d'une information visuelle à une autre. Cette mémoire va permettre de faire des aller-retours sur chaque élément visuel présent sur le plateau ou les cartes.

CONCLUSION

La mémoire visuelle est finalement bien plus complexe que ce que l'on peut penser car il en existe une infinité de types. Sa localisation cérébrale est vaste et encore étudiée à ce jour. Un élément est sûr : la mémoire visuelle à court et à long terme ne sont pas actives dans les mêmes aires cérébrales.

D'autres notions ont pu être posées et éclaircies : La mémoire visuelle peut être testée de différentes manières (TVPS, CANTAB, WISC, etc), avec des approches variées et pluridisciplinaires (différents corps médicaux et paramédicaux).

Nous nous sommes rendu compte que les patients avec autisme et trouble de l'attention présentent des difficultés lorsque l'on teste leur la mémoire visuelle. Plus particulièrement certains sous-types de cette mémoire.

Pour les personnes autistes, c'est lors de la mémoire visuelle des détails (long terme et court terme) et la mémoire des séquences qu'ils sont en difficultés. A contrario, la mémoire visuo-spatiale semble tout à fait correcte et aisée.

Pour les personnes présentant un trouble de l'attention, nous nous sommes rendu compte que c'est la phase d'encodage qui pose des difficultés de mémorisation. Cela complexifie et ralentie les taches d'apprentissage (difficultés d'écriture et lecture, confusion, inversion, erreur de mathématiques, etc).

C'est pour cette raison que la rééducation peut être une solution pour améliorer la mémoire visuelle en mettant en place des stratégies mnésiques. Cela peut se faire à l'aide de jeux variés, en utilisant différentes méthodes de mémorisation. Ces jeux vont permettre de travailler la mémoire de manière globale ou de travailler une mémoire spécifique.

Mais de nombreuses questions se posent encore :

- Dans quelles pathologies (autre que le TDAH et autisme) pouvons-nous retrouver des difficultés de mémoire visuelle ?
- Est-ce qu'un trouble de la mémoire visuelle est dû à une atteinte uniquement d'origine cérébrale ?
- Le déficit de la mémoire visuelle peut-il être dû à des fonctions oculomotrices défaillantes (parallélisme des axes oculaires, motricité conjuguée, etc) ?

BIBLIOGRAPHIE

[1] Dr. Michèle MAZEAU : L'enfant et les mémoires. 2020.

[2] Visual Sequential Memory n.d.:2.

[3] Slotnick SD. Visual Memory and Visual Perception Recruit Common Neural Substrates. Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews 2004;3:207–21. https://doi.org/10.1177/1534582304274070.

[4] Slotnick SD, Thompson WL, Kosslyn SM. Visual memory and visual mental imagery recruit common control and sensory regions of the brain. Cognitive Neuroscience 2012;3:14–20. https://doi.org/10.1080/17588928.2011.578210.

[5] Volle E. Organisation anatomo-fonctionnelle du cortex prefrontal latéral pour la mémoire de travail n.d.:242.

[6] Takeda M. Brain mechanisms of visual long-term memory retrieval in primates. Neuroscience Research 2019;142:7–15. https://doi.org/10.1016/j.neures.2018.06.005.

[7] Motor-Free Visual Perception Test (MVPT) - Strokengine n.d. https://strokengine.ca/fr/assessments/motor-free-visual-perception-test-mvpt/ (accessed December 2, 2020).

[8] CANTAB Cognitive Research Software | Cambridge Cognition n.d. https://www.cambridgecognition.com/cantab/ (accessed December 2, 2020).

[9] Salmanian M, Tehrani-Doost M, Ghanbari-Motlagh M, Shahrivar Z. Visual Memory of Meaningless Shapes in Children and Adolescents with Autism Spectrum Disorders 2012:5.

[10] WISC-V - Échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents - 5ème édition - Pearson Clinical & Talent Assessment n.d. https://www.pearsonclinical.fr/wisc-v (accessed December 6, 2020).

[11] WPPSI-IV n.d. http://www.bilan-psychologique.com/wppsi.html (accessed December 6, 2020).

[12] Autisme: La Thérapie d'Echange et de Développement - CHRU de Tours - YouTube. n.d.

[13] Gras-Vincendon A, Bursztejn C, Danion J-M. Fonctionnement de la mémoire chez les sujets avec autisme. L'Encéphale 2008;34:550–6. https://doi.org/10.1016/j.encep.2007.10.010.

[14] HAS-autisme.pdf n.d.

[15] Autisme et imagerie cérébrale – Académie nationale de médecine | Une institution dans son temps n.d. http://www.academie-medecine.fr/autisme-et-imagerie-cerebrale/ (accessed November 13, 2020).

[16] Blair R. Fractionation of visual memory: agency detection and its impairment in autism. Neuropsychologia 2002;40:108–18. https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00069-0.

[17] Zilbovicius M, Boddaert N, Belin P, Poline J-B, Remy P, Mangin J-F, et al. Temporal Lobe Dysfunction in Childhood Autism: A PET Study. AJP 2000;157:1988–93. https://doi.org/10.1176/appi.ajp.157.12.1988.

[18] Minshew NJ, Keller TA. The nature of brain dysfunction in autism: functional brain imaging studies: Current Opinion in Neurology 2010;23:124–30. https://doi.org/10.1097/WCO.0b013e32833782d4.

[19] Chi I, Lin L. Relationship Between the Performance of Self-Care and Visual Perception Among Young Children With Autism Spectrum Disorder and Typical Developing Children. Autism Research 2020:aur.2367. https://doi.org/10.1002/aur.2367.

[20] Wuang Y-P, Huang C-L, Tsai H-Y. Sensory Integration and Perceptual-Motor Profiles in School-Aged Children with Autistic Spectrum Disorder. NDT 2020;Volume 16:1661–73. https://doi.org/10.2147/NDT.S253337.

[21] Ameli R, Courchesne E, Lincoln A, Kaufman AS, Grillon C. Visual memory processes in high-functioning individuals with autism. J Autism Dev Disord 1988;18:601–15. https://doi.org/10.1007/BF02211878.

[22] Chien Y-L, Gau SS-F, Shang C-Y, Chiu Y-N, Tsai W-C, Wu Y-Y. Visual memory and sustained attention impairment in youths with autism spectrum disorders. Psychol Med 2015;45:2263–73. https://doi.org/10.1017/S0033291714003201.

[23] Funabiki Y, Shiwa T. Weakness of visual working memory in autism. Autism Research 2018;11:1245–52. https://doi.org/10.1002/aur.1981.

[24] Mammarella IC, Giofrè D, Caviola S, Cornoldi C, Hamilton C. Visuospatial working memory in children with autism: The effect of a semantic global organization. Research in Developmental Disabilities 2014;35:1349–56. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.03.030.

[25] Brieber S, Neufang S, Bruning N, Kamp-Becker I, Remschmidt H, Herpertz-Dahlmann B, et al. Structural brain abnormalities in adolescents with autism spectrum disorder and patients with attention deficit/hyperactivity disorder. Journal of Child Psychology and Psychiatry 2007;48:1251–8. https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2007.01799.x.

[26] Papavasiliou A. Effects of psycho-educational training and stimulant medication on visual perceptual skills in children with attention deficit hyperactivity disorder. NDT 2008;Volume 3:949–54. https://doi.org/10.2147/NDT.S2234.

[27] Patel A, Gajre M, Bhandarkar P, Parlikar V. Visual perception skill profile pattern in children with learning disorder. Int J Contemp Pediatr 2020;7:1860. https://doi.org/10.18203/2349-3291.ijcp20203643.

[28] Kibby MY, Dyer SM, Vadnais SA, Jagger AC, Casher GA, Stacy M. Visual processing

in reading disorders and attention-deficit/hyperactivity disorder and its contribution to basic reading ability. Front Psychol 2015;6. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01635.

[29] Shang CY, Gau SS. Visual memory as a potential cognitive endophenotype of attention deficit hyperactivity disorder. Psychol Med 2011;41:2603–14. https://doi.org/10.1017/S0033291711000857.

[30] Barnett R, Maruff P, Vance A. An investigation of visuospatial memory impairment in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), combined type. Psychol Med 2005;35:1433–43. https://doi.org/10.1017/S0033291705005234.

[31] Mohammadhasani N, Fabio RA, Fardanesh H, Hatami J. The link between visual attention and memory in ADHD and normally developing students : seeing is remembering ? n.d.:15.

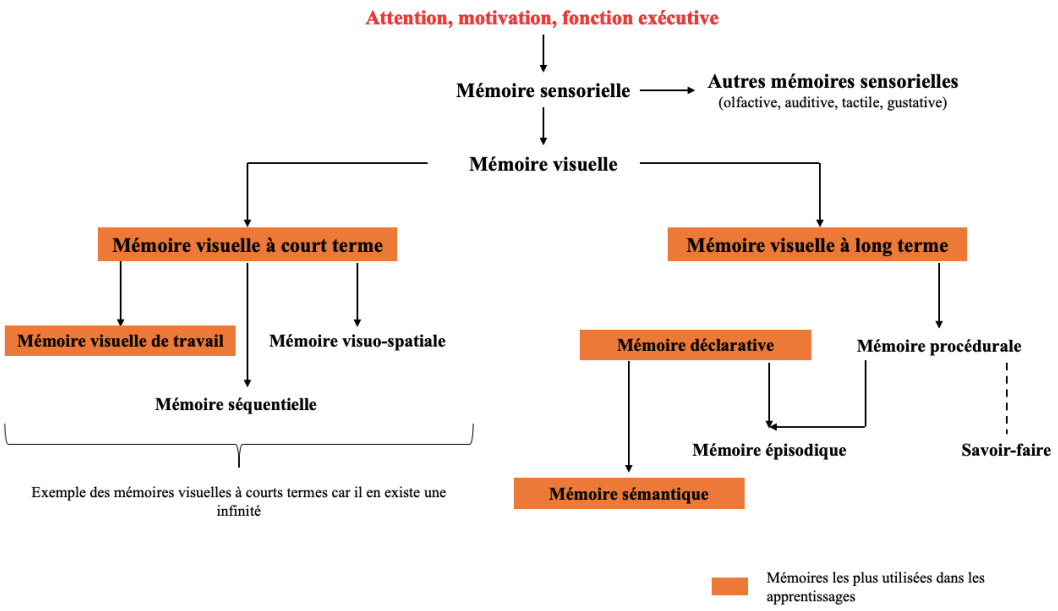
[32] Visual Memory Problems in Children Can Interfere With Learning | Dr. Phil Nicholson's Visual Learning Center n.d. http://www.visuallearningcenter.com/visual-memory-problems-in-children-can-interfere-with-learning/ (accessed January 12, 2021).

[33] Ormrod JE. Visual Memory in a Spelling Matching Task: Comparison of Good and Poor Spellers. Percept Mot Skills 1985;61:183–8. https://doi.org/10.2466/pms.1985.61.1.183.

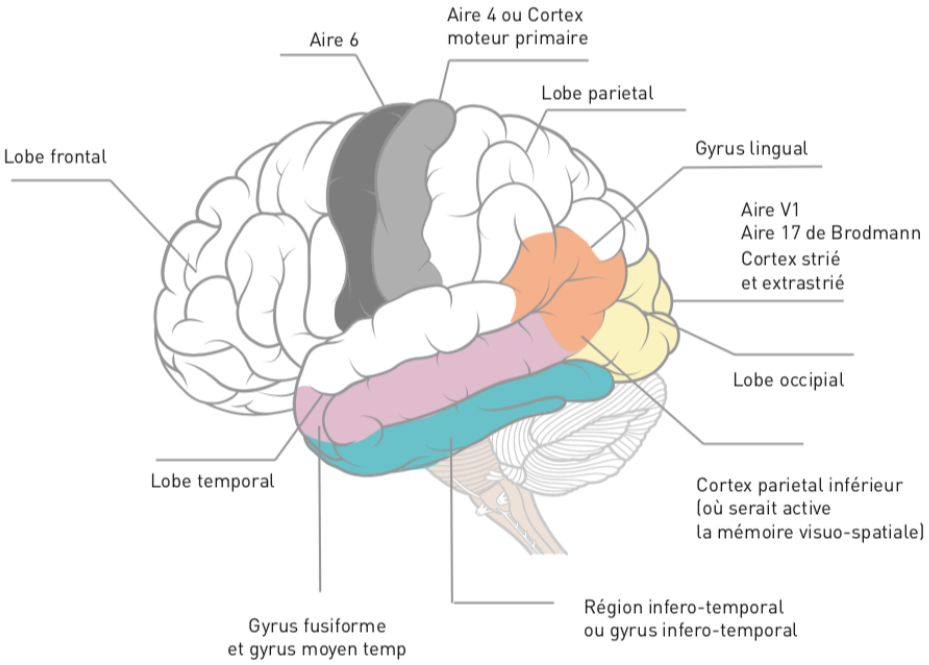
[34] VELAZQUEZ Juan La mémoire et ses troubles 2020.pdf n.d.

ANNEXES

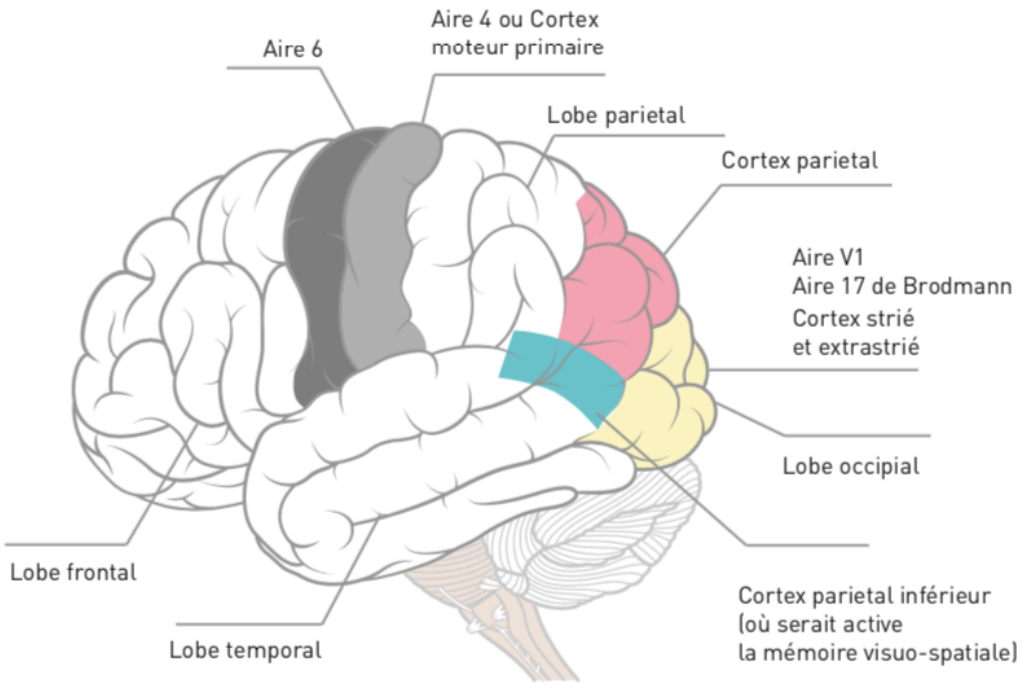
1- Schéma des différentes mémoires



2- Schéma anatomique de la voie ventrale, zone active dans la mémoire visuelle



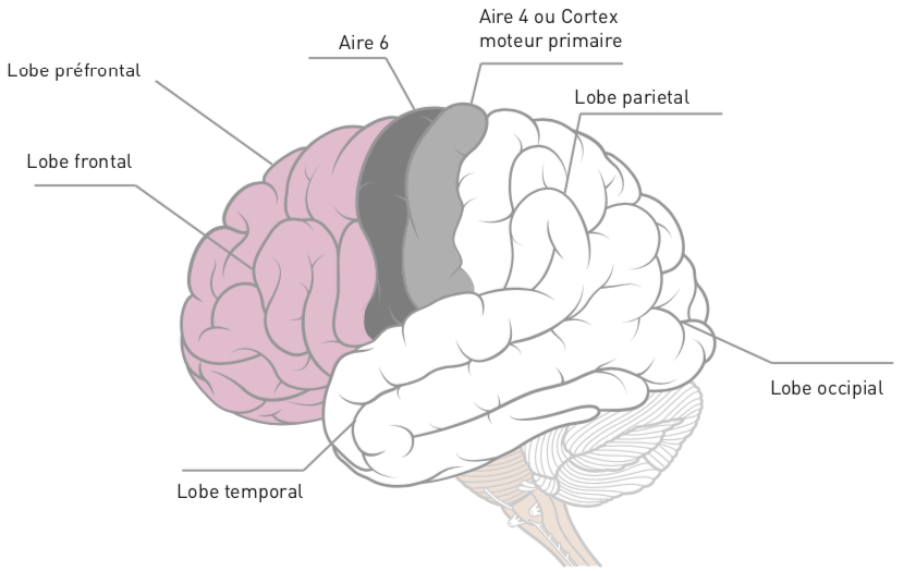
3- Schéma anatomique de la voie dorsale, zone active dans la mémoire visuelle



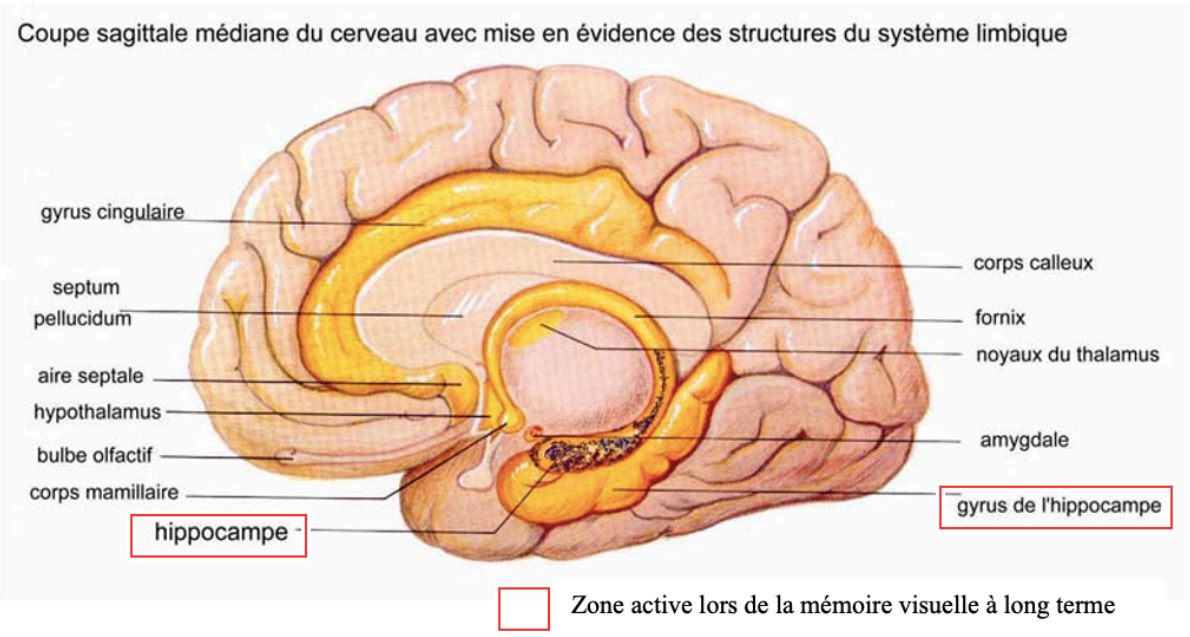
4- Schéma anatomique de la mémoire du travail

ZONE SPÉCIFIQUE

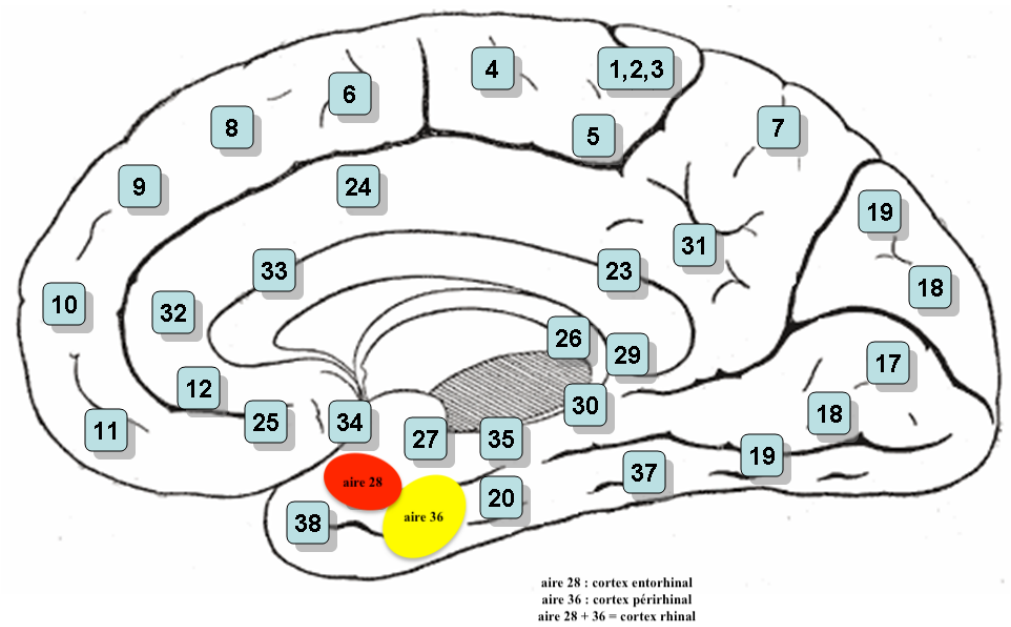
Mémoire du travail



5- Schéma anatomique des zones actives de la mémoire à long terme



6- Schéma anatomique de la localisation de l'aire 28 et 36 de Brodmann active lors de la mémoire visuelle à long terme



7- **<u>Tableau recapitulative des résultats de l'étude :</u>** The relationship Between the Performance of Self-Care and Visual Perception Among Young Children With Autism Spectrum Disorder and Typical Developing Children

Table 2. Scores in Self-Care and Visual Perception for the ASD and TD Groups

Instruments	ASD ($n = 66$) mean ± SD	TD ($n = 66$) mean ± SD	t	p
AMPS: motor scale (logits)	1.34 ± 0.54	1.93 ± 0.50	−6.51	<0.001
AMPS: process scale (logits)	0.56 ± 0.64	1.24 ± 0.41	−7.22	<0.001
PEDI-C: functional skills scale	36.58 ± 19.85	53.57 ± 14.48	−5.62	<0.001
PEDI-C: caregiver assistance scale	33.32 ± 17.38	50.57 ± 17.19	−5.74	<0.001
TVPS-3: overall	91.80 ± 13.35	103.88 ± 12.57	−5.35	<0.001
Visual discrimination	8.41 ± 3.81	10.29 ± 3.58	−2.92	0.004
Visual memory	8.77 ± 4.47	11.08 ± 3.75	−3.20	0.002
Spatial relations	9.23 ± 5.10	12.72 ± 4.63	−4.13	<0.001
Form constancy	7.48 ± 3.82	10.18 ± 3.56	−4.20	<0.001
Sequential memory	7.88 ± 4.94	10.85 ± 4.80	−3.50	0.001
Figure ground	9.33 ± 3.96	11.65 ± 3.64	−3.50	0.001
Visual closure	7.71 ± 3.81	8.88 ± 4.89	−1.53	0.129
DTVP-3: VMI composite	93.98 ± 25.34	112.45 ± 16.05	−5.00	<0.001
Eye hand coordination	8.18 ± 3.47	10.39 ± 2.49	−4.21	<0.001
Copying	9.83 ± 5.58	13.86 ± 4.26	−4.66	<0.001

Abbreviations: AMPS: assessment of motor and process skills; DTVP-3: VMI composite, developmental test of visual perception—third edition: visual motor integration composite; PEDI-C: Chinese version of pediatric evaluation of disability inventory; TVPS-3: test of visual perceptual skills—third edition.

8- **<u>Tableau recapitulatif des résultats de l'étude :</u>** Sensory integration and perceptual-motor profiles in school aged children with autistic spectrum disorder

Table 1 Z-Tests on the Standard Scores of the Sensorimotor Measures in Children with ASD (n=117)

Measures	Mean	SD	Impairment* n (%)	Z-Test Statistic[a]
BOT-2				
Fine manual control	29.19	4.16	110 (94.0)	−22.25
Manual coordination	28.33	5.23	112 (95.7)	−30.15
Body coordination	27.16	4.11	98 (83.8)	−40.13
Strength & agility	39.12	5.15	55 (47.0)	−19.07
TVPS-3				
Visual discrimination	14.21	3.17	97 (82.9)	+1.13
Visual memory	11.47	3.33	88 (75.2)	−11.33
Visual spatial relationship	16.48	6.05	67 (57.3)	−9.79
Visual form constancy	10.13	3.62	90 (76.9)	−7.77
Visual sequential memory	11.25	2.77	102 (87.2)	−10.00
Visual figure-ground	10.70	3.58	90 (76.9)	−10.01
Visual closure	9.92	4.01	91 (77.0)	−12.87
Total	80.93	9.98	99 (84.6)	−6.65

9- **<u>Schéma explicatif du déroulement des épreuves de l'étude</u>** : Visuospatial Working Memory in Children with Autism: The Effect of a Semantic and Global Organization

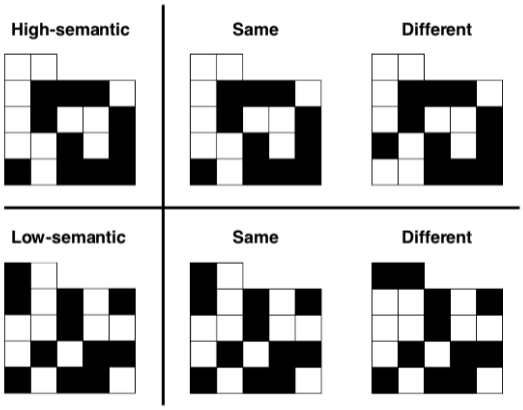


Figure 1. Examples of the semantic organization (high- and low-semantic) from level of complexity 11.

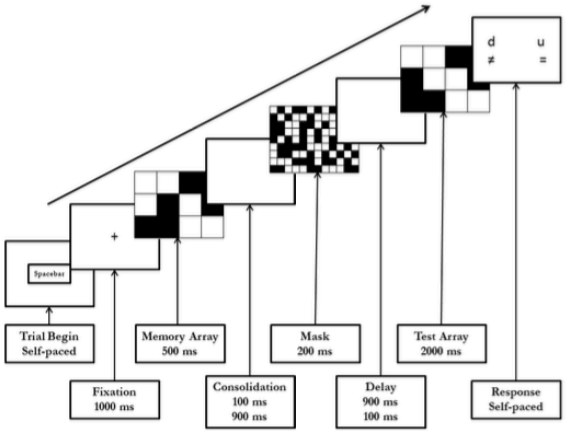


Figure 2. Experimental Procedure. D=different; U=same

10- **<u>Tableau récapitulatif des résultats de l'étude</u>** : Effects of psycho-educational training and stimulant medication on visual perceptual skills in children with attention deficit hyperactivity disorder.

Table 2 Means, standard deviations, and ranges of the total and sub-category TVPS scores in tests in medicated and nonmedicated patients

	Pre-test		Post-test	
	Medicated	**Nonmedicated**	**Medicated**	**Nonmedicated**
	Mean ± SD (range)	Mean ± SD (range)	Mean ± SD (range)	Mean ± SD (range)
Total TVPS score	39.25 ± 21.829 (12–72)	43.125 ± 24.098 (7–71)	60.625 ± 25.690 (30–105)	55.5 ± 20.853 (15–87)
Discrimination	5.875 ± 4.086 (1–12)	7 ± 5.01 (1–14)	8.375 ± 5.370 (1–16)	9.5 ± 3.854 (1–13)
Memory	5 ± 3.891 (1–13)	7.625 ± 4.479 (1–13)	9.875 ± 4.190 (2–15)	8 ± 4.175 (2–14)
Spatial Relationships	6.375 ± 6.116 (1–17)	7.25 ± 5.09 (1–13)	9 ± 7.091 (1–18)	10.25 ± 4.301 (1–14)
Form Constancy	5.5 ± 3.464 (2–12)	6 ± 3.464 (1–11)	8.375 ± 5.041 (1–16)	9.25 ± 2.964 (5–13)
Sequential Memory	5.25 ± 4.097 (1–12)	5.6 ± 4.44 (1–13)	7.625 ± 4.34 (2–14)	6.25 ± 3.196 (1–12)
Figure ground	7.25 ± 3.575 (1–11)	5.375 ± 4.406 (1–14)	10.125 ± 3.482 (5–16)	8 ± 3.817 (1–13)
Closure	4 ± 2.878 (1–9)	5.375 ± 3.02 (1–8)	7.25 ± 3.327 (3–13)	4.25 ± 3.732 (1–12)

Abbreviations: SD, standard deviation; TVPS, Test of Visual Perceptual Skills.

11- <u>Tableau récapitulatif des résultats de l'étude :</u> Visual perception skill profile pattern in children with learning disorder

Table 2: Sex, age and comorbid ADHD wise TVPS score distribution [mean (SD)].

Area of visual perception skill assessed	Sex of children			Age group			ADHD status		
	Boys	Girls	P value	8-12 years	13-18 years	P value	With ADHD	Without ADHD	P value
Number of Children (n)	78	25		76	27		59	44	
Visual discrimination	11.03 (4.61)	9.66 (3.83)	0.184	10.04 (4.19)	12.54 (4.72)	0.01	10.42 (4.12)	11.07 (4.88)	0.471
Visual memory	9.77 (3.52)	8.53 (3.04)	0.118	8.92 (3.43)	11.03 (3)	0.01	8.91 (3.1)	10.21 (3.75)	0.057
Spatial relationships	11.23 (3.51)	9.96 (3.93)	0.132	10.24 (3.68)	12.84 (2.79)	0.00	11.13 (3.59)	10.64 (3.73)	0.508
Form constancy	9.64 (3.88)	9.37 (3.24)	0.753	8.82 (3.66)	11.7 (3.05)	0.00	9.23 (3.57)	10.04 (3.9)	0.272
Sequential memory	10.15 (3.33)	9.43 (2.83)	0.335	9.02 (2.9)	12.65 (2.51)	0.00	10.02 (2.9)	9.91 (3.64)	0.869
Visual figure-Ground	10.8 (4.26)	10.63 (3.56)	0.859	9.74 (4.13)	13.63 (2.18)	0.00	10.19 (4.07)	11.53 (4.03)	0.101
Visual closure	10.41 (3.27)	9.98 (3.09)	0.566	9.48 (3.11)	12.66 (2.24)	0.00	10.09 (3.22)	10.58 (3.24)	0.447

12- <u>Tableau récapitulatif des résultats de l'étude</u> : Visual processing in reading disorders and attention-deficit/hyperactivity disorder and its contribution to basic reading ability

TABLE 2 | TVPS-R performance by group.

Characteristics	Controls	RD	Comorbid	ADHD			
	M (SD)	*M (SD)*	*M (SD)*	*M (SD)*	$F_{(3, 259)}$	Partial $\eta 2$	*p*-values
Discrimination	103.47 (17.52)	99.31 (16.74)	94.32 (16.74)	97.67(16.41)	3.13	0.04	0.026
[95% Confidence intervals]	[99.57–107.38]	[94.70–103.93]	[89.72–98.91]	[94.23–101.11]			
Visual memory	101.76 (17.50)	94.69 (16.82)	90.68 (16.65)	97.64 (16.39)	4.39	0.05	0.005
	[97.86–105.66]	[90.08–99.30]	[86.08–95.27]	[94.20–101.08]			
Visual sequential memory	105.26 (18.72)	95.70 (17.88)	86.89 (17.81)	98.74 (17.52)	10.17	0.11	< 0.001
	[101.09–109.44]	[90.77–100.63]	[81.97–91.80]	[95.06–102.42]			

Means presented in this table are marginal means controlling for WISC-III/-IV VCI.

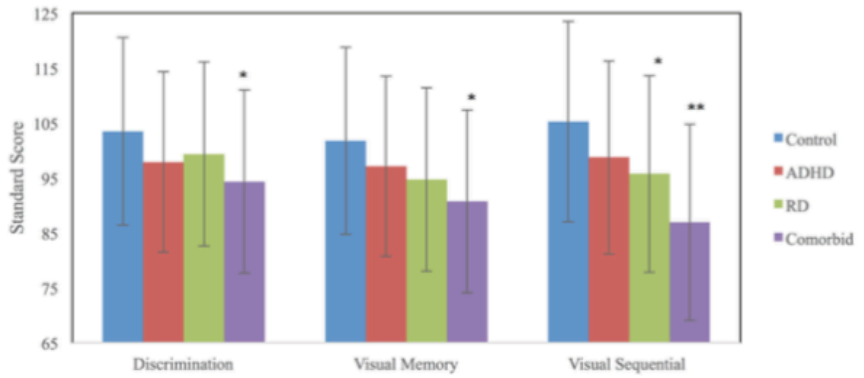


FIGURE 1 | TVPS-R marginal means for each group adjusted for the covariate, Verbal Comprehension Index (VCI). Error bars were derived using SD. *Significantly different from the control group. **Significantly different from both the ADHD and control groups.

13- **<u>Courbe représentant le nombre de réponses correctes en fonction du délais de présentation du stimulus visuel</u>** : Visual memory as a potential cognitive endophenotype of attention deficit hyperactivity disorder

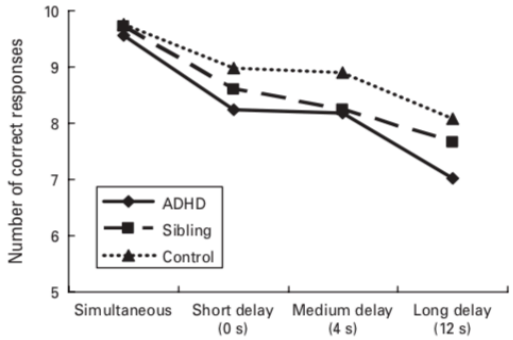


Fig. 1. Number of correct responses in the simultaneous, short delay, medium delay, and long delay problems of the Delayed Matching to Sample (DMS) task for probands with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), unaffected siblings, and controls. Group: $F_{2,1775}=29.81$, $p<0.001$; task: $F_{3,1775}=272.61$, $p<0.001$; group × task: $F_{6,1775}=6.50$, $p<0.001$.

v. simultaneous, 4-s delay *v.* simultaneous, 12-s delay *v.* simultaneous), and between unaffected sibling (*v.* control) and task difficulty (4-s delay *v.* simultaneous, 12-s delay *v.* simultaneous), controlling for all confounding variables.

14- **<u>Tableau récapitulatif des résultats de l'étude</u>** : Visual memory as a potential cognitive endophenotype of attention deficit hyperactivity disorder

Table 1. *Comparisons of visual memory among probands with ADHD, unaffected siblings and unaffected controls*

Variable	ADHD, mean (s.d.) ($n=279$)	Sibling, mean (s.d.) ($n=108$)	Control, mean (s.d.) ($n=173$)	Univariate analysis		Cohen's *d*			Multivariate analysis[a]		
				F	Comparison	A–S	A–C	S–C	*F*	Comparison	β
Delayed Matching to Sample (DMS)											
B'	−0.44 (0.52)	−0.53 (0.56)	−0.62 (0.55)	6.30**	A > C	0.17	0.34	0.16	1.56	–	0.09***
Mean latency of correct responses (ms)											
Simultaneous	3355 (1004)	3180 (894)	3067 (745)	5.62**	A > C	0.18	0.33	0.14	0.76	–	145.11**
All delays	3554 (909)	3462 (862)	3580 (881)	0.51	–	0.10	−0.03	−0.14	0.81	–	−5.64
Correct responses											
Total	33.00 (4.05)	34.20 (3.95)	35.76 (2.81)	29.83***	C > S > A	−0.30	−0.79	−0.46	12.42***	S,C > A	−1.37***
Simultaneous	9.56 (0.79)	9.71 (0.51)	9.77 (0.54)	6.03**	C > A	−0.23	−0.31	−0.11	2.30	–	−0.11***
All delays	23.44 (3.75)	24.49 (3.76)	25.98 (2.70)	28.71***	C > S > A	−0.28	−0.78	−0.46	11.80***	S,C > A	−1.26***
Probability of an error following a correct response	0.18 (0.10)	0.15 (0.11)	0.11 (0.08)	25.21***	A > S > C	0.29	0.77	0.42	9.08***	A > C	0.03***
Probability of an error following an error response	0.15 (0.16)	0.12 (0.15)	0.08 (0.12)	13.41***	A,S > C	0.19	0.49	0.29	4.90**	A > C	0.04***
Spatial Recognition Memory (SRM)											
Percentage of correct responses	82.94 (10.42)	84.68 (8.35)	87.37 (7.48)	12.35***	C > A	−0.18	−0.49	−0.34	3.12*	C > A	−2.19***
Mean latency of correct responses (ms)	1827 (535)	1924 (642)	1892 (614)	1.78	–	−0.16	−0.11	0.05	1.35	–	−38.08
Paired Associates Learning (PAL)											
Total errors (adjusted)	5.74 (6.78)	4.59 (5.39)	3.43 (4.06)	8.74***	A > C	0.19	0.41	0.24	1.03	–	1.15***
Total trials (adjusted)	10.34 (1.97)	9.97 (2.06)	9.51 (1.42)	11.00***	A > C	0.18	0.48	0.26	1.15	–	0.41***
First trial memory scores	22.08 (3.10)	22.63 (2.94)	23.27 (2.58)	9.15***	C > A	−0.18	−0.42	−0.23	1.43	–	−0.60***
Pattern Recognition Memory (PRM)											
Percentage of correct responses	90.79 (8.74)	91.47 (8.04)	92.51 (7.70)	2.31	–	−0.08	−0.21	−0.13	0.74	–	−0.85*
Mean latency of correct responses (ms)	1762 (409)	1852 (691)	1814 (474)	2.14	–	−0.16	−0.12	0.06	3.92*	C > A	−31.30

ADHD, Attention deficit hyperactivity disorder; s.d., standard deviation; B', a signal detection measure of the strength of trace required to elicit an error; A, ADHD; S, sibling; C, control; β, regression coefficient estimates for linear trend from the controls, unaffected siblings, to patients with ADHD.

[a] Controlling for sex, age, full-scale IQ (FSIQ), co-morbidity, ADHD symptoms, and parental educational levels.

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.