
Mémoire

présenté pour l'obtention du Grade de

MASTER

“Métiers de l'Enseignement, de l'Education et de la Formation”

parcours premier degré - recherche en éducation

sur le thème

La mémoire visuelle à long terme : Mémoriser est-ce donner du sens ?



Mémoire présenté par :

TRIBOUT Nicolas

Nom du Directeur :

GOUJON Annabelle

Année universitaire 2016 - 2017

REMERCIEMENTS

Ce travail de recherche a vu le jour grâce au soutien de nombreuses personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à son élaboration.

En premier lieu, je remercie Annabelle Goujon, *Maître de conférence en psychologie cognitive*, qui en tant que directrice de mémoire m'a guidé dans mon travail et m'a aidé à trouver des solutions pour avancer.

Je remercie également André Didierjean, *Professeur de psychologie cognitive à l'Université de Franche-Comté et membre de l'Institut universitaire de France*, qui a accepté de participer au jury de ce master.

Je remercie Mme L'Hôte, *Inspectrice de l'éducation nationale à Luxeuil-les Bains (Haute-Saône)*, qui m'a encouragé et laissé disposer du temps nécessaire à la mise en œuvre des différentes phases d'expérimentations.

Ma reconnaissance s'adresse ensuite à Mmes Valdenaire, Tartarin et Pernot, *Enseignantes de cycle 3 à Luxeuil-les-Bains (Haute-Saône)*, qui m'ont confié leurs élèves et laissé perturber leurs enseignements.

Merci à mes amis, Gisèle, Cyrille, Bruno, Régis et Cédric qui ont relu mon travail et m'ont permis de l'améliorer.

Enfin, des remerciements tout particuliers à tous les élèves qui ont participé avec joie et dynamisme à mes différentes expérimentations.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|----|
| LISTES DES SIGLES ET ANGLICISMES | 4 |
| INTRODUCTION | 5 |
| PREMIÈRE PARTIE : MÉMOIRES ET MÉMORISATION DES IMAGES | |
| CHAPITRE I : Différents modèles de mémoires | 8 |
| 1.1 Le modèle modal de la mémoire..... | 9 |
| 1.1.1 <i>Modèle de Broadbent</i> | 9 |
| 1.1.2 <i>Modèle d'Atkinson et Shiffrin</i> | 10 |
| 1.1.3 <i>Critique du modèle d'Atkinson et Shiffrin</i> | 12 |
| 1.2 Une autre perspective : le modèle des niveaux de traitement..... | 13 |
| 1.2.1 <i>Modèle des niveaux de traitement</i> | 13 |
| 1.2.2 <i>Critique du modèle des niveaux de traitement</i> | 14 |
| 1.3 Des modèles de mémoires de plus en plus élaborés..... | 15 |
| 1.3.1 <i>Modèle SPI de Tulving</i> | 15 |
| 1.3.2 <i>Modèle de la mémoire de travail de Baddeley</i> | 16 |
| 1.3.3 <i>Un modèle unifié : le modèle MNESIS</i> | 19 |
| 1.4 Conclusion..... | 20 |
| CHAPITRE II : Formats de stockage en mémoire à long terme | 21 |
| 2.1 Stockage sous forme analogique..... | 21 |
| 2.1.1 <i>Arguments en faveur de l'équivalence fonctionnelle</i> | 22 |
| 2.1.1.1 <i>Rotation mentale</i> | 22 |
| 2.1.1.2 <i>L'échelle de l'image</i> | 23 |
| 2.1.1.3 <i>Le balayage de l'image</i> | 24 |
| 2.1.2 <i>Limites de la représentation analogique</i> | 25 |
| 2.1.2.1 <i>Réinterprétations ou reconstructions d'images mentales</i> | 25 |
| 2.1.2.2 <i>Les connaissances tacites</i> | 27 |
| 2.1.3 <i>L'apport de la neuropsychologie</i> | 27 |
| 2.2 Stockage sous forme conceptuelle..... | 28 |
| 2.2.1 <i>Théorie propositionnelle</i> | 28 |
| 2.2.2 <i>Conception de Pylyshyn</i> | 29 |
| 2.2.3 <i>Limites de la théorie propositionnelle</i> | 30 |
| 2.3 Stockage sous forme de codes multiples..... | 31 |
| 2.3.1 <i>Théorie du double codage</i> | 32 |
| 2.3.2 <i>L'apport des neurosciences</i> | 33 |
| 2.4 Conclusion..... | 34 |

| | |
|--|----|
| CHAPITRE III : Capacité et fidélité de la mémoire des images | 35 |
| 3.1 Le registre sensoriel visuel : la mémoire iconique..... | 35 |
| 3.1.1 <i>Capacité de la mémoire iconique</i> | 35 |
| 3.1.2 <i>Critique du concept de mémoire iconique</i> | 36 |
| 3.2 Les mémoires visuelles de travail..... | 37 |
| 3.2.1 <i>Capacité et fidélité de la mémoire visuelle de travail</i> | 37 |
| 3.2.2 <i>La mémoire conceptuelle à court terme</i> | 39 |
| 3.2.2.1 <i>Relation avec les autres systèmes de mémoire</i> | 39 |
| 3.2.2.2 <i>Fonctionnement de la mémoire conceptuelle à court terme</i> | 39 |
| 3.2.2.3 <i>Arguments en faveur de l'existence de la mémoire conceptuelle à court terme</i> ... | 41 |
| 3.3 La mémoire visuelle à long terme..... | 42 |
| 3.3.1 <i>Capacité et fidélité de la mémoire visuelle à long terme</i> | 42 |
| 3.3.2 <i>Effets des connaissances stockées sur la mémoire visuelle à long terme</i> | 43 |
| 3.3.3 <i>Rôle des crochets conceptuels dans la mémoire visuelle à long terme</i> | 45 |
| 3.4 Conclusion..... | 46 |
| PROBLÉMATIQUE | 47 |
| SECONDE PARTIE : EXPÉRIMENTATIONS ET RÉSULTATS | |
| CHAPITRE IV : Matériel et Méthode | 49 |
| 4.1 Participants..... | 49 |
| 4.2 Stimuli..... | 50 |
| 4.3 Le plan expérimental..... | 50 |
| 4.3.1 <i>Les variables indépendantes intra-sujets</i> | 50 |
| 4.3.1.1 <i>Variable « condition » : les images Meaningful et Meaningless</i> | 50 |
| 4.3.1.2 <i>Variable « durée » : la durée d'expositions</i> | 53 |
| 4.3.1.3 <i>Variable « répétition » : le nombre de présentations</i> | 54 |
| 4.3.2 <i>La variable indépendante inter-sujets</i> | 54 |
| 4.3.3 <i>Représentation du plan expérimental sous forme de tableau</i> | 54 |
| 4.4 Procédure..... | 56 |
| 4.4.1 <i>Tâche d'apprentissage</i> | 56 |
| 4.4.2 <i>Tâche de reconnaissance</i> | 58 |
| 4.5 Dispositif expérimental..... | 60 |
| 4.6 Recueil et calcul des données..... | 61 |

| | |
|--|----|
| CHAPITRE V : Résultats | 62 |
| 5.1 Phase d'apprentissage..... | 62 |
| 5.2 Phase de reconnaissance..... | 64 |
| 5.2.1 <i>Comparaison des images Meaningful et Meaningless</i> | 64 |
| 5.2.1.1 <i>Durée d'exposition brèves (120 ms)</i> | 67 |
| 5.2.1.2 <i>Durée d'exposition longues (1 920 ms)</i> | 68 |
| 5.2.2 <i>Comparaison des images Meaningful et New Old Gist</i> | 69 |
| CHAPITRE VI : Discussion | 72 |
| CONCLUSION : apports, limites et perspectives | 76 |
| RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 81 |
| ANNEXES | 87 |

LISTES DES SIGLES ET ANGLICISMES

| | |
|----------------------------|--|
| ANOVA | Analyse de la variance |
| CM1 | Cours moyen 1 ^{ère} année |
| CM2 | Cours moyen 2 ^{ème} année |
| DSC | Débit sanguin cérébral |
| <i>Gist</i> | Concepts essentiels extrait d'une scène visuelle : la plupart des détails sont oubliés |
| HAM | <i>Human associative memory</i> (mémoire associative humaine) |
| MCCT | Mémoire conceptuelle à court terme |
| MCT | Mémoire à court terme |
| <i>Meaningful</i> | Images porteuses de sens |
| <i>Meaningless</i> | Images sans sens <i>a priori</i> |
| MLT | Mémoire à long terme |
| MNESIS | Modèle néo-structural inter-systémique |
| ms | Millisecondes |
| MT | Mémoire de travail |
| MVLT | Mémoire visuelle à long terme |
| MVT | Mémoire visuelle de travail |
| <i>New-Old-Gist</i> | Images visuellement proches contenant un concept identique mais dont les caractéristiques (orientation, couleur, taille...) sont différentes |
| RS | Registre sensoriel |
| RSVP | Présentation, présentation rapide et successive d'images, traduit de l'anglais <i>rapid serial visual presentation</i> |
| SOA | Stimuli Onset Asynchrony |
| SPI | Sériel, parallèle et indépendant |

INTRODUCTION

« Je ne comprends pas, je prends du temps pour construire les apprentissages, j'utilise des supports visuels, j'essaie de donner du sens et pourtant je n'ai pas l'impression que les élèves retiennent davantage leurs leçons ! ».

Ces paroles d'enseignants montrent que, dans de nombreuses classes, les remarques les plus fréquentes à propos du travail des élèves concernent la mauvaise ou la **non mémorisation** des leçons. En règle générale, cette tâche est majoritairement renvoyée en dehors du temps scolaire, sous forme de devoirs à la maison, parfois source d'inégalité entre les élèves. Comme l'a rappelé Etienne Douat en 2017 :

La réalisation régulière et scolairement adéquate des devoirs réclame un certain style de vie, des ressources matérielles, une organisation domestique particulière, la présence et la disponibilité quotidiennes d'un parent doté d'un minimum de capital scolaire et d'un rapport lettré au langage. Lorsqu'ils sont dans des espaces familiaux marqués par la précarité économique, des parcours scolaires abrégés, des perspectives instables, les élèves vivent des expériences dont l'enchaînement complique et rend parfois impossible leur soumission aux demandes de l'école.

En ce sens, mieux comprendre comment les processus de mémorisation engagés par les élèves, dans la perspective de faire évoluer les pratiques **au sein même de la classe**, semble être un levier important pour favoriser **la réussite de tous**. Se pose alors la question des moyens à mettre en œuvre sur le temps scolaire pour améliorer la mémorisation des élèves.

Dans l'approche constructiviste, un savoir nouveau n'est effectif que s'il est reconstruit pour s'intégrer au réseau conceptuel de l'apprenant. L'accent est alors mis sur la construction du savoir. On peut toutefois se demander si **donner du sens**, comprendre ce que l'on fait, ce que l'on apprend et le relier avec des connaissances antérieures suffit à assurer une mémorisation à long terme. L'observation des élèves, notre propre pratique et les échanges avec des professeurs sembleraient montrer que les choses ne sont pas si simples. Par ailleurs, les nouveaux programmes de l'éducation nationale¹ préconisent désormais l'utilisation de **représentations visuelles** de type cartes

¹ Annexe 1 : Programme d'enseignement du cycle de consolidation, arrêté du 9-11-2015 - J.O. du 24-11-2015.

heuristiques² ou corolles lexicales³, suggérant qu'un support représentant visuellement des liens sémantiques améliorerait les apprentissages. Ces interrogations concernant les liens entre représentations visuelles, sens et mémorisation ont été le point de départ des travaux présentés dans ce mémoire portant sur le stockage en mémoire visuelle à long terme.

En cela, nous nous opposons à la conception de Della Chiesa (2016), qui a affirmé que la science ne pouvait et ne devrait jamais nous dicter notre conduite d'éducateurs. Il faudrait, selon lui, se méfier du phénomène de mode que constitue l'usage abusif de l'étiquette neurosciences dans les sciences de l'éducation. A l'opposé, Stanislas Dehaene (2016) a défendu qu'une meilleure connaissance des processus d'apprentissage des élèves, basée sur des preuves et non sur des intuitions, permettrait de former des enseignants plus compétents. Nos travaux s'inscrivent dans la démarche de Dehaene, nous cherchons à apporter une meilleure compréhension des processus de mémorisation des élèves afin de faciliter les apprentissages.

De nombreuses recherches sur la mémoire ont eu pour principal objectif d'identifier les **différents systèmes** qui la compose, puis de mesurer leurs **capacités de stockage**. Est-il néanmoins possible de comprendre les systèmes de mémoire sans chercher à connaître **la nature des informations** qui y résident ? Nos recherches visent à répondre à cette question en déterminant sous quels formats sont stockés les **souvenirs visuels**. Il existe à ce sujet un long débat sur la nature des images en mémoire visuelle à long terme (MVLT). Par exemple, Kosslyn et Farah défendent la thèse d'un **stockage analogique**, où les caractéristiques visuelles spécifiques des images (formes, couleurs, tailles, ...) seraient conservées. L'image serait mémorisée comme une photographie.

Cette vision s'oppose à la thèse du **stockage conceptuel** défendu par Pylyshyn, pour qui seul le concept associé à l'image serait conservé. Cette proposition est supportée par les travaux de Mary Potter montrant que des sujets sont capables d'extraire très rapidement **le concept** d'une image, alors que les éléments non signifiants (orientation, taille, ...) ont été oubliés.

² Une carte heuristique, également appelée carte conceptuelle ou carte mentale est un diagramme qui représente les connexions de sens, les liens entre différents concepts (<http://www.ac-orleans-tours.fr>).

³ La corolle lexicale est un outil de structuration du vocabulaire où les mots collectés par les élèves sont organisés en réseaux. Les divers pétales rayonnant autour du cœur permettent des classements variés : étymologie, champ lexical, champ sémantique, sémiologie et mythologie, ... (<http://dsden89.ac-dijon.fr>).

Enfin, des auteurs ont proposé des modèles intermédiaires dans lesquels le stockage s'effectuerait sous formes multiples. Cette idée a notamment été développée dans la théorie du **double codage**, proposée par Alan Paivio à partir des années 70.

Les recherches présentées dans ce mémoire visent à apporter des éléments de réponse à ce débat par l'étude des processus de mémorisation visuelle à long terme d'élèves de cycle 3. Nous avons étudié l'évolution au cours du temps des souvenirs relatifs à des images avec ou sans signification. Nous parlerons d'images *Meaningful* lorsque nous évoquerons des images porteuses de sens où le concept est facilement identifiable. Il s'agit par exemple d'animaux, de fruits, de légumes, de paysages ou bien d'objets. Au contraire, nous utiliserons le terme *Meaningless* pour évoquer des images pour lesquelles aucun concept n'est identifiable *a priori*. Il s'agit d'images fractales et d'agencements de tâches colorées.

Ce mémoire de recherche est organisé en deux parties : une partie théorique et une partie expérimentale.

La partie théorique présentera **différents modèles** de la mémoire dans un premier chapitre. Le second mettra en regard différentes théories existantes sur le **format de stockage** de l'information visuelle. Enfin, le dernier chapitre abordera plus spécifiquement la **capacité et la fidélité** de la mémorisation visuelle.

Pour apporter une **contribution empirique** à ce débat, nous avons mis en œuvre différentes phases d'expérimentation.

Dans la partie expérimentale nous décrirons les méthodes et le matériel utilisés lors des différentes étapes de l'expérimentation ainsi que les résultats obtenus et leurs interprétations. L'expérimentation comprenait deux phases : **une phase d'apprentissage** suivie d'une **phase de test**. Durant la phase d'apprentissage, les sujets devaient mémoriser des images *Meaningful* et *Meaningless*. La phase de test consistait à réaliser une tâche de reconnaissance, il était demandé aux participants d'indiquer s'ils avaient déjà vu ou non les images présentées. Cette tâche de reconnaissance a eu lieu à différents temps après la phase d'apprentissage (immédiatement, un jour, trois semaines, six semaines) afin de mesurer l'évolution de la trace mnésique.



PREMIÈRE PARTIE : MÉMOIRES ET MÉMORISATION DES IMAGES

CHAPITRE I : Différents modèles de mémoire

Au cours des années soixante et soixante-dix, une vision pluraliste de la mémoire apparaît. Selon cette approche, le système cognitif est composé de **différents registres de mémoire** qui se différencient par leurs fonctions : **encodage, stockage et récupération** et par **le temps durant lequel l'information y séjourne**. L'encodage est défini comme la capacité à acquérir de nouvelles informations en provenance de l'extérieur. Le stockage maintient les informations apprises dans le temps et la récupération permet d'extraire les informations stockées de la mémoire.

Au cours des dernières décennies, différents modèles de fonctionnement de mémoires ont été proposés. On distingue le **modèle modal** (Broadbent, 1958) composé de trois registres (sensoriel, mémoire à court terme, mémoire à long terme), le **modèle des niveaux de traitement** (Craik, Lockhart, 1972) et le **modèle SPI** (sériel, parallèle et indépendant) de Tulving (1972). La distinction entre les différentes formes de mémoires a été mise en évidence grâce à l'étude de patients atteints de troubles. Les mémoires à court terme et à long terme ont été distinguées grâce aux travaux sur le patient HM. Puis, les travaux sur le patient KC ont permis de différencier la mémoire épisodique (souvenirs) de la mémoire sémantique (connaissances). Plus récemment, un modèle unifié a été proposé par Eustache et Desgrange (2008), le modèle **MNESIS** (modèle néo-structural inter-systémique de la mémoire humaine).

La présentation de ces différents modèles permet de mieux appréhender l'ensemble des concepts développés dans les chapitres suivants, notamment le fonctionnement de la mémoire visuelle à long terme (MVLT). Ils permettent également de questionner les aspects quantitatifs et qualitatifs de la mémorisation des images, qu'elles soient porteuses de sens ou non.

1.1 Le modèle modal de la mémoire

Le modèle modal de la mémoire divise la mémoire en trois sous-systèmes : le registre sensoriel (RS), la mémoire à court terme (MCT) et mémoire à long terme (MLT).

1.1.1 Modèle de Broadbent

En 1958, Donald Broadbent a été le premier à proposer un modèle de la mémoire composé de plusieurs registres (Figure 1).

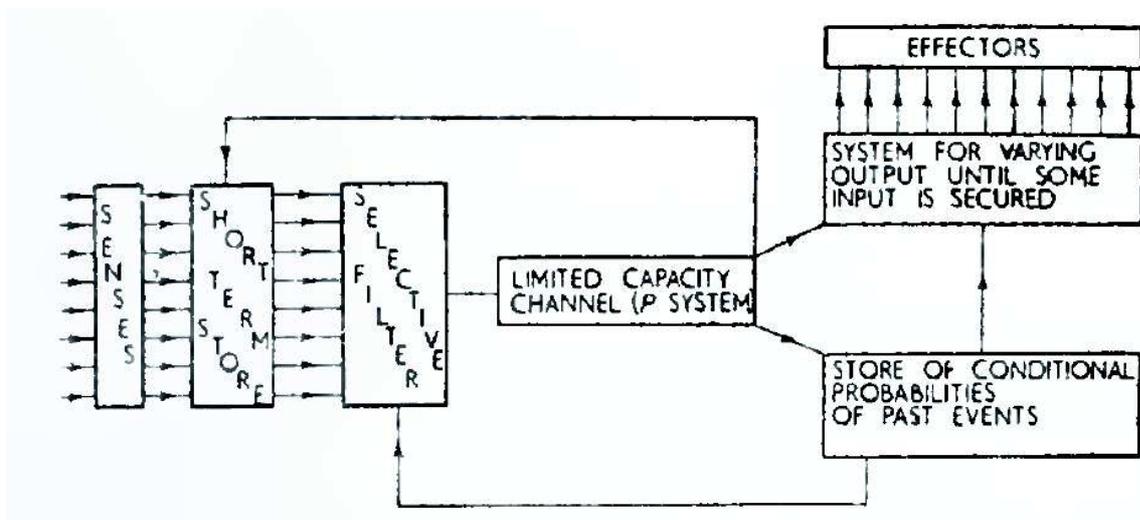


Figure 1. Schéma provisoire du fonctionnement de la mémoire proposé par Broadbent en 1958.

Dans ce modèle, l'**information sensorielle** (*senses*) est tout d'abord stockée quelques secondes dans une **mémoire à court terme** temporaire (*short term store*). Elle correspond au futur RS. Puis, un filtre (*selective filter*) sélectionne les informations pertinentes stockées par cette mémoire provisoire et permet leur passage par **un canal** aux capacités limitées (*limited capacity channel*). Ce canal correspond à la future MCT. À la sortie de ce canal, les informations peuvent être **stockées à long terme**, agir sur les réactions du sujet ou bien encore retourner dans la mémoire temporaire afin d'échapper aux capacités limitées du canal (Broadbent, 1958).

Dans ce modèle, la notion d'information pertinente interroge et appelle certaines questions, l'accès au sens est-il un critère jugé pertinent ? Permet-il un passage de l'information d'un système

à l'autre et donc une meilleure mémorisation ? Nous tenterons d'apporter des réponses dans nos travaux. On note également que les informations sensorielles ne sont pas différenciées dans ce modèle, les informations visuelles ne font donc pas l'objet d'un traitement spécifique. En 1968, Atkinson et Shiffrin ont proposé un autre modèle de mémoires dans lequel les informations sensorielles sont cette fois traitées séparément.

1.1.2. Modèle d'Atkinson et Shiffrin

En s'inspirant du modèle de Broadbent, Richard Atkinson et Richard Shiffrin (1968) ont également proposé un modèle de la mémoire composé de trois registres (Figure 2) : le **RS** (*sensory register*), la **MCT** (*temporary working memory*) et la **MLT** (*permanent memory store*). Ces trois registres se distinguent par la durée de rétention de l'information et par le traitement de l'information : traitement sensoriel, encodage, répétition, stockage et récupération.

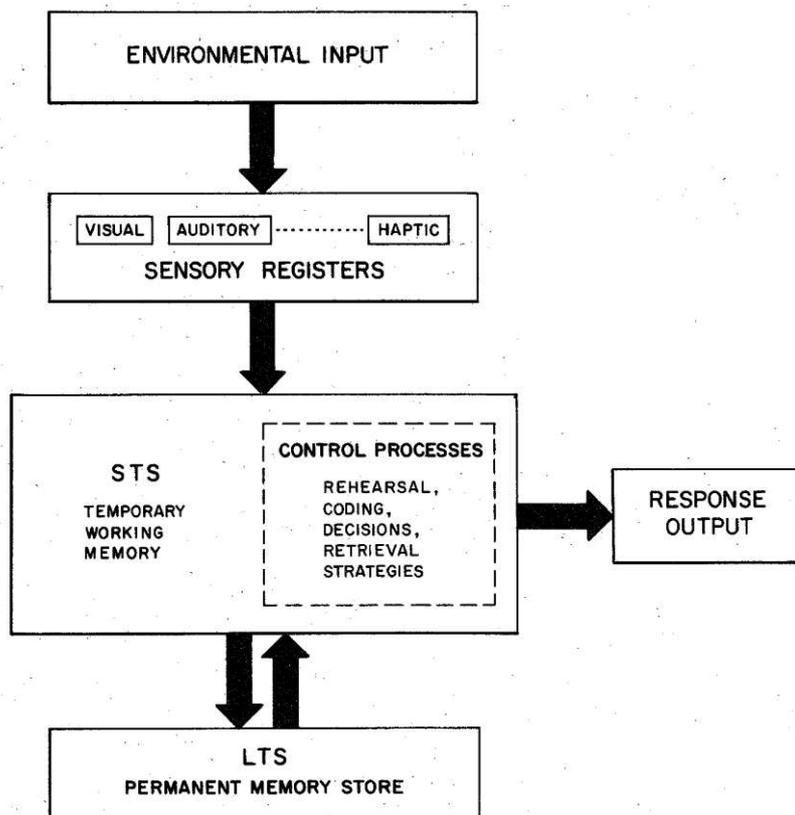


Figure 2. Schéma représentant la structure et le fonctionnement du système de mémoires selon Atkinson et Shiffrin en 1971.

Les informations extérieures transitent tout d'abord par le RS. Les propriétés sensorielles d'un stimulus sont alors **traitées séparément** (visuel, auditif, ...). Toutefois, Atkinson et Shiffrin n'ont pas exclu le fait qu'une information encodée dans le RS puisse être **codée différemment** en MCT. Par exemple, une image présentée visuellement peut être encodée sous forme verbale dans la MCT. Une fois les informations présentes dans le RS, chaque élément du registre est scanné. Les informations provenant du RS et de la MLT sont alors associées en MCT. Ainsi, lorsqu'on présente l'image d'un triangle, l'information visuelle est traitée et entre en MCT. Puis, l'étiquette verbale « triangle » présente en MLT entre également en MCT. Une fois l'information encodée en MCT, elle peut être « copiée » en MLT. Dans cette dernière, elle reste relativement permanente même si elle peut être modifiée ou rendue temporairement irrécupérables (Atkinson et Shiffrin, 1968). Quant à l'information présente en MCT, elle décline et finit par disparaître, elle est néanmoins stockée plus longtemps que dans le RS.

La circulation de l'information entre les trois systèmes de mémoire est, dans « une large mesure » **sous le contrôle du sujet** grâce à différents processus de contrôle : la répétition, l'encodage, la récupération et la visualisation. Ils remettent donc en cause l'aspect passif du modèle précédent (Broadbent, 1958). Ces processus permettent au sujet de maîtriser consciemment le temps de stockage en MCT. Or, c'est du temps passé en MCT que dépend l'apprentissage à long terme (Atkinson et Shiffrin, 1971). La MCT possède des capacités limitées qui se situeraient entre 7 et 9 éléments (Atkinson et Shiffrin, 1971), corroborant de nombreux résultats d'autres travaux, notamment ceux de Miller en 1956. En 1968, Atkinson et Shiffrin qualifiaient déjà la MCT de « mémoire de travail » du sujet.

Ce modèle montre donc que les informations visuelles sont traitées de manière spécifique, mais qu'elles peuvent toutefois être codées sous d'autres formats. Il serait alors possible que les images *Meaningful* soient stockées sous format verbal et/ou visuel alors que les images *Meaningless* ne pourraient l'être que sous forme visuelle. Nous pouvons donc envisager que le codage multiple améliore la mémorisation, c'est un aspect qui sera développé dans le deuxième chapitre avec la théorie du double codage (Paivio 1969, 1971, 1986). Le modèle d'Atkinson et Shiffrin a démontré le rôle joué par la répétition dans l'amélioration de la mémorisation. Les images exposées plusieurs fois, qu'elles soient *Meaningful* ou *Meaningless*, seraient davantage mémorisées que des images exposées une seule fois. Il reste à évaluer si le nombre d'expositions a

des conséquences similaires entre les images *Meaningful* ou *Meaningless*, Craik et Watkins (1973) ont néanmoins nuancé le rôle joué par la répétition dans la mémorisation.

1.1.3. Critiques du modèle d'Atkinson et Shiffrin

Contrairement à ce qu'ont affirmé Atkinson et Shiffrin, la répétition en MCT ne serait pas un élément suffisant pour assurer un transfert efficace de l'information dans la MLT. En effet, dans leur étude "p-checking" Craik et Watkins (1973) ont démontré que la répétition du matériel ne suffisait pas pour qu'un transfert s'effectue. Dans cette expérience, les sujets devaient répéter le mot affiché jusqu'à ce qu'il change (Figure 3).

| Words Presented | Subjects' Response |
|------------------------|---------------------------|
| Peach | Peach |
| King | Peach |
| Grass | Peach |
| Window | Peach |
| Fence | Peach |
| Sky | Peach |
| Plum | Plum |
| Pen | Pen |
| Smoke | Pen |
| Tie | Pen |
| Fork | Pen |
| Bed | Pen |
| Rope | Pen |
| Dress | Pen |
| Lake | Pen |
| Chair | Pen |
| Cow | Pen |
| Orange | Pen |
| Cup | Pen |
| Bell | Pen |

Figure 3. La colonne de gauche correspond aux mots présentés au sujet dans l'étude "p-checking" de Craik et Watkins en 1973. Les mots ne sont pas présentés durant le même laps de temps, tant qu'un mot reste affiché le sujet doit le répéter. La colonne de droite correspond au nombre de répétitions réalisées par le sujet.

Grâce à ce protocole, les chercheurs ont contrôlé le nombre de répétitions de chacun des mots. Dans l'exemple présenté, le mot « Peach » a été répété six fois, le mot « Plum » une seule fois et le mot « Pen » treize fois. Or, le mot « Plum » a été aussi bien rappelé que les autres. Craik et Watkins ont donc distingué la « **répétition d'entretien** » de la « **répétition élaborative** » qui

seule permet de relier les informations répétées aux informations possédées par le sujet. C'est en cela qu'elle permet une meilleure mémorisation.

D'après ces résultats, la répétition d'images *Meaningless* ne permettrait pas d'améliorer sensiblement leur mémorisation car elles seraient difficilement associées aux connaissances antérieures du sujet. En revanche, la répétition d'images *Meaningful* aurait un impact positif sur leur mémorisation si celle-ci est élaborative.

1.2 Une autre perspective : le modèle des niveaux de traitement

1.2.1 Modèle des niveaux de traitement

Selon le modèle des niveaux de traitement proposé par Craik et Lockhart en 1972, la mémoire ne serait pas composée d'un ensemble de registres séparés mais au contraire d'un ensemble de **processus de traitement continu** (Figure 4).

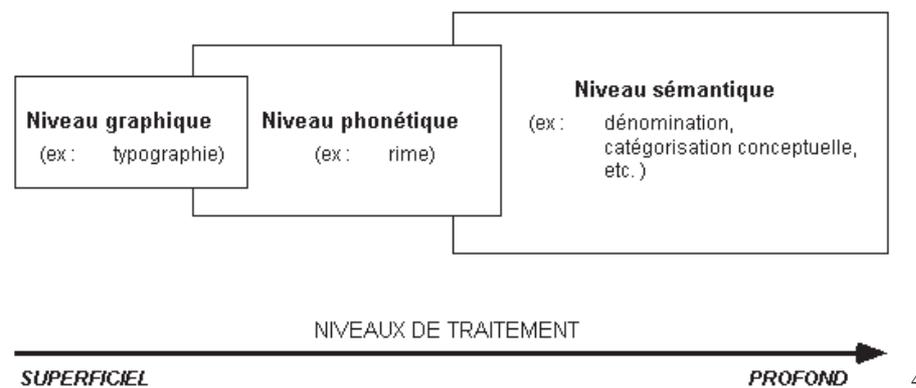


Figure 4. Représentation schématique de la théorie des niveaux de traitement, ou profondeur d'analyse, selon Craik et Lockhart (1972), établie à partir d'un matériel verbal.

La mémoire n'est plus décrite en termes de structures mais en termes d'opérations, l'accent est alors mis sur le traitement de l'information (Giboin, 1979). Dans une série d'expériences, le traitement de l'information a été induit par des questions : le mot est-il écrit en majuscules ? (**Traitement graphique**) Le mot rime-t-il avec chaise ? (**Traitement phonétique**) Le mot est-il

⁴ Source : <https://tinyurl.com/gvbrjtz>

un poisson ? (**Traitement sémantique**). Ces questions ont été présentées visuellement ou lues avant chaque stimulus (mot exposé durant 200 ms). Les résultats obtenus ont montré que les mots traités par le sujet **de manière sémantique ont été mieux rappelés** que les mots traités phonétiquement, eux-mêmes mieux rappelés que les mots traités morphologiquement (Craik et Tulving, 1975). Autrement dit, plus le niveau de traitement réalisé par le sujet était profond (sémantique) plus la trace mnésique était durable. Inversement, plus le traitement était réalisé de manière superficielle (graphique), plus la trace mnésique était temporaire (Figure 4).

Ce modèle nous renseigne sur l'influence de la nature des images. Les images *Meaningful* traitée au niveau sémantique, seraient mieux rappelées que les images *Meaningless* traitées au niveau graphique.

Bien que vérifiée par de nombreux travaux portant sur les processus d'encodage, cette hypothèse (processus de traitement continu) a été infirmée par les résultats des recherches sur les processus de récupération.

1.2.2 Critique du modèle des niveaux de traitement

Morris, Bransford et Franks (1977) ont en effet observé que, dans certains cas, les mots traités au niveau phonétique étaient les mieux rappelés. Ces résultats sont venus contredire ceux de Craik et Lockhart (1972). Les questions utilisées par Morris et al. (1977) reprenaient les tâches utilisées par Craik et Lockhart : Le mot rime-t-il avec chaise ? Le mot convient-il dans la phrase ? Contrairement aux travaux précédents, les questions ainsi que l'ensemble des mots à mémoriser étaient uniquement présentés de manière auditive. Morris et al., grâce à leur protocole, ont établi une correspondance entre l'encodage et la récupération de l'information. Les résultats ont démontré que la **mémorisation était plus profonde quand cette correspondance existait**.

Ces nouveaux résultats ont été pris en compte dans nos expérimentations. Pour tester la mémorisation des images, nous avons veillé à ce qu'il y ait une correspondance entre l'encodage et la récupération. C'est pourquoi dans nos travaux, les images étaient présentées visuellement lors de la phase d'apprentissage et lors de la phase de reconnaissance.

Durant les années qui ont suivi, des études plus fines des mécanismes de la mémoire ont permis l'élaboration de modèles de plus en plus précis. Ces nouveaux éléments ont alimenté nos recherches.

1.3 Des modèles de mémoire de plus en plus élaborés

1.3.1 Modèle SPI de Tulving

Endel Tulving (1995) a proposé un modèle plus précis : **le modèle SPI** (sériel, parallèle and indépendant), composé de cinq mémoires reliées les unes aux autres en termes de processus d'encodage, de stockage et de récupération. Il est constitué de la mémoire procédurale, du système de représentation perceptive, de la mémoire sémantique, de la mémoire de travail et de la mémoire épisodique (Figure 5).

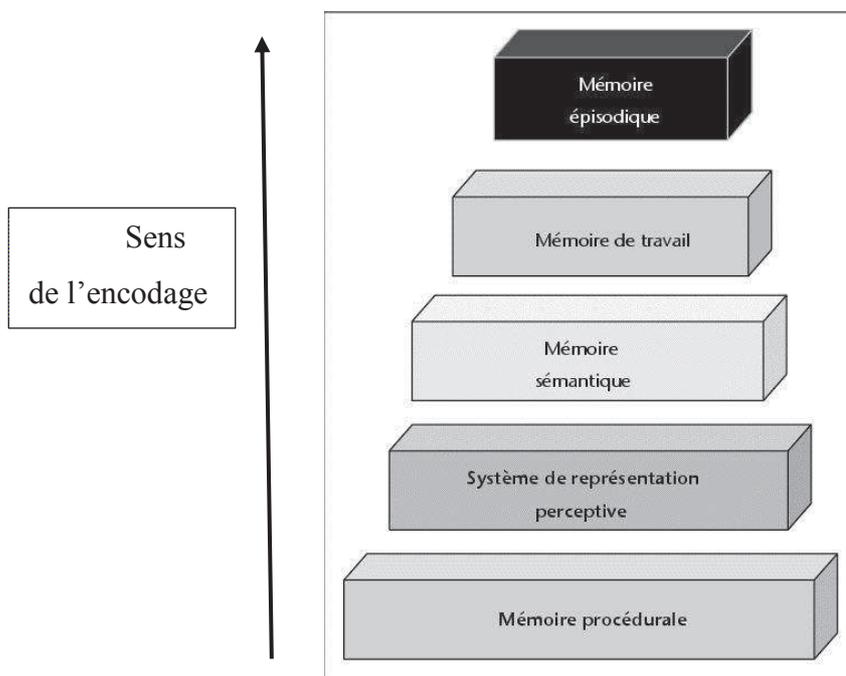


Figure 5. Représentation schématique du modèle SPI (sériel, parallèle et indépendant) selon Tulving (1995). L'encodage de l'information se réalise d'un système à un autre en allant de la mémoire procédurale à la mémoire épisodique.

Dans ce système, Tulving (1972) a distingué la **mémoire épisodique** et la **mémoire sémantique**. La mémoire épisodique se réfère à la mémoire des expériences personnelles et leurs relations temporelles (date, lieu, état émotionnel). Au contraire, la mémoire sémantique est un système pour recevoir, conserver, classer les concepts privés des leurs éléments contextuels. Selon Tulving, l'information stockée sous forme de trace épisodique serait plus rapidement oubliée que celle stockée en mémoire sémantique.

Dans ce modèle, l'**encodage** de l'information se réalise de **manière sérielle**, ce qui signifie que l'encodage dans un des systèmes est la condition nécessaire à l'encodage dans le système suivant. Il s'effectue de la mémoire procédurale vers la mémoire épisodique. Le **stockage** est quant à lui **parallèle**, c'est-à-dire qu'une information peut être stockée dans plusieurs registres à la fois. Par exemple, une image peut être présente dans le système de représentation perceptive (formes, couleurs) et dans la mémoire sémantique (sens de l'image). La **récupération** pouvant se réaliser indépendamment dans chacune des cinq mémoires.

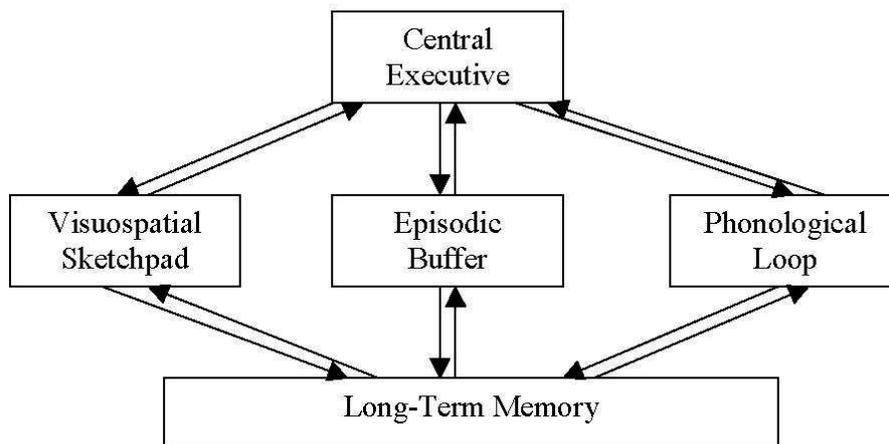
D'après les caractéristiques de ce système, nos images *Meaningless* seraient stockées dans la mémoire perceptive alors que les images *Meaningful* seraient stockées à la fois dans la mémoire perceptive et dans la mémoire sémantique. On trouve une nouvelle fois l'idée d'un double codage. C'est un argument supplémentaire en faveur d'une mémorisation plus importante et plus durable des images *Meaningful*.

Durant la même période, d'autres chercheurs ont exploré la mémoire de travail et son rôle dans la résolution de tâches cognitives.

1.3.2 Modèle de la mémoire de travail de Baddeley

Selon Baddeley (1992, 1993), il faut abandonner l'idée d'une mémoire à court terme unique mais l'envisager plutôt comme une **mémoire de travail** (MT) divisée en plusieurs systèmes. Le terme « mémoire de travail » renvoie au maintien temporaire de l'information nécessaire à la résolution de tâches cognitives complexes (raisonner, apprendre, comprendre). La majorité des études sur la MT se sont concentrées sur ses capacités de stockage (cf. chap. III). Cette mémoire est subdivisée en quatre systèmes (Figure 6) : **la bouche phonologique** (*phonological loop*), **le calepin visuo-spatial** (*visuospatial sketchpad*), **l'administrateur central** (*central executive*) et le **tampon⁵ épisodique** (*episodic buffer*).

⁵ Une mémoire tampon est une partie de la mémoire stockant temporairement des données en attendant leur traitement



6

Figure 6. Représentation schématique des relations entre les différents systèmes composant la mémoire de travail selon Baddeley (1992).

La boucle phonologique contient deux composants, une unité de stockage phonologique conservant l'information acoustique entre 1 et 2 secondes et un processus de contrôle articulatoire permettant la répétition sub-vocale du matériel (Baddeley, 1992, 1993). La boucle phonologique participe à la compréhension du langage et l'apprentissage du vocabulaire.

Le calepin visuo-spatial est composé de deux sous-systèmes, l'un étant associé au stockage des motifs et des couleurs et l'autre au stockage des informations de nature spatiale (Baddeley, 1993). Le paradigme de la double tâche semble valider l'existence de ces deux composants. En effet, les résultats obtenus montrent qu'une tâche de reconnaissance spatiale est perturbée par une seconde tâche de type spatial mais pas d'ordre visuelle. Tout comme une tâche de reconnaissance visuelle est perturbée par une seconde tâche d'ordre visuelle mais pas d'ordre spatiale (Logie et Marchetti, 1991).

L'administrateur central permet de coordonner les informations provenant des autres systèmes.

Quelques années plus tard, Baddeley a précisé son modèle en y incluant **la mémoire tampon épisodique** (*episodic buffer*). C'est un système de stockage temporaire qui maintient disponible les informations nécessaires à la réalisation de la tâche (Baddeley en 2000). Cette mémoire est qualifiée d'épisodique car elle stocke des informations contextualisées durant quelques minutes.

⁶ Source : <http://tinyurl.com/zvd7equ>

Dans ce modèle de la mémoire de travail, les images *Meaningless* seraient traitées uniquement par le calepin visuo-spatial stockant les caractéristiques des images (formes, couleurs, disposition) alors que les images *Meaningful* seraient à la fois traitées par le calepin visuo-spatial et la boucle phonologique. En effet, les images *Meaningful* étant constituées de concepts identifiables (marteau, orange, montagne ...), elles sont recodables phonologiquement (Figure 7).

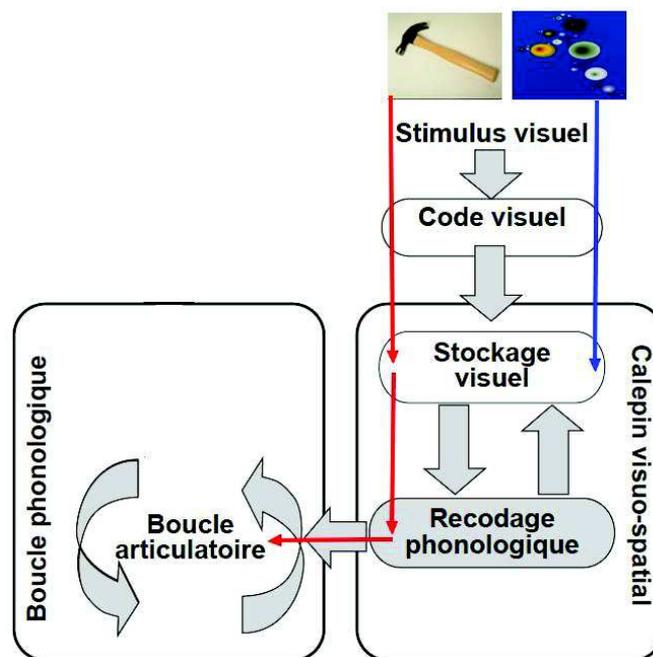


Figure 7. Représentation schématique du traitement de l'information visuelle en fonction de sa nature (*Meaningful* ou *Meaningless*). Les images *Meaningful* (marteau) sont stockées visuellement dans le calepin visuo-spatial puis sont recodées phonologiquement pour être traitées par la boucle phonologique. Les images *Meaningless*, quant à elles, sont stockées uniquement de manière visuelle dans le calepin visuo-spatial.

L'accumulation de différents modèles de mémoires ont conduit certains chercheurs à modéliser les interactions pouvant les relier, c'est notamment le cas de Francis Eustache en 2008.

1.3.3 Un modèle unifié : le modèle MNESIS

D'après Francis Eustache, même si les mémoires sont dissociées, elles restent néanmoins en interaction. Il a proposé, en 2008, un modèle « **néo-structural inter-systémique de la mémoire humaine** » (MNESIS) qui met en lien les différents modèles proposés jusqu'alors (Figure 8).

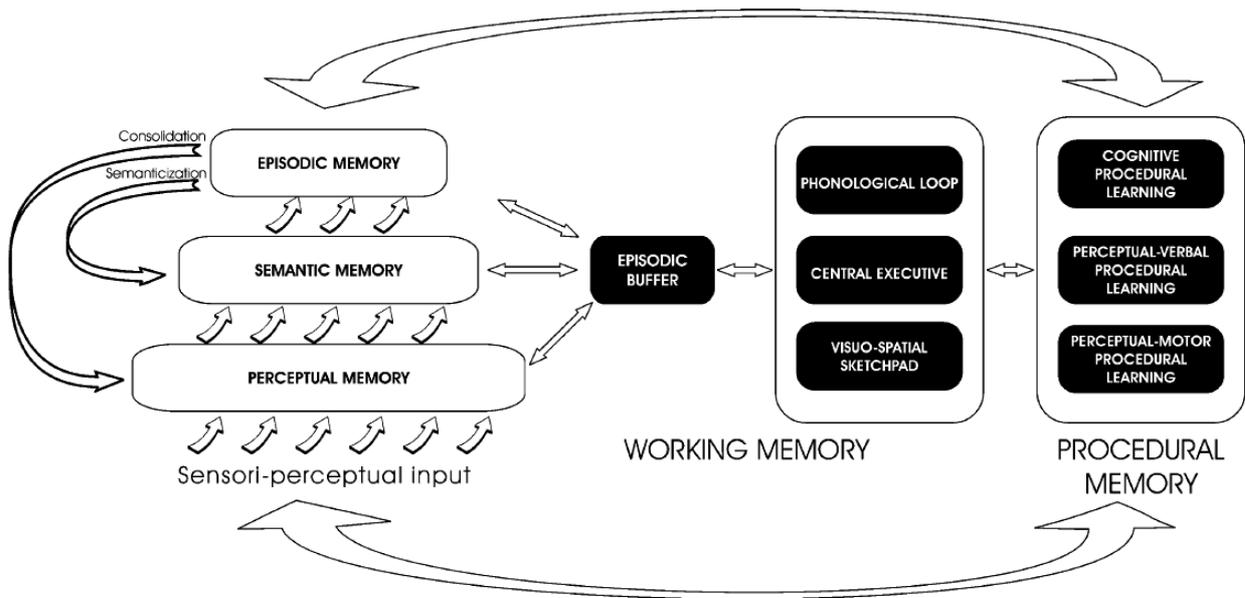


Figure 8. Représentation schématique des relations entre les différents systèmes du modèle MNESIS (modèle néo-structural inter-systémique de la mémoire humaine) proposé par Eustache en 2008.

Ce modèle représente cinq systèmes de mémoire en relation, à savoir : **les mémoires perceptive, sémantique, épisodique ainsi que la mémoire de travail et la mémoire procédurale**. La mémoire perceptive est la mémoire qui dépend des modalités sensorielles. La mémoire sémantique correspond à la mémoire des concepts, des connaissances générales sur le monde, ainsi qu'à celle du sens des mots. La mémoire épisodique renvoie, quant à elle, à nos souvenirs ancrés dans un contexte temporel et spatial. Ces trois mémoires (perceptive, sémantique et épisodique) constituent la mémoire à long terme.

Ce modèle illustre également la dynamique entre consolidation, sémantisation et oubli. A ce titre, il existe des interactions complexes, parfois contre-intuitives entre mémoire sémantique et mémoire épisodique. **Les souvenirs épisodiques se sémantiseraient** en perdant leurs éléments

contextuels. Le même phénomène se produit lors de l'acquisition de nouvelles procédures (détection d'invariants dans la séquence d'apprentissage et oubli du « superflu »).

D'après ce modèle, puisque les souvenirs se sémantisent, les éléments de contexte (fond, décor, position) présents dans les images *Meaningful* finiraient par être oubliés au profit du concept. Ainsi, alors même qu'il se rappellerait l'objet, il deviendrait impossible pour le sujet de se souvenir de ses caractéristiques visuelles (couleur, orientation, ...).

1.4 Conclusion

Les différents modèles de mémoires présentés nous permettent d'émettre un certain nombre d'hypothèses. Ainsi, les images *Meaningful* devraient être **davantage mémorisées** du fait d'un encodage plus profond car des éléments de nature à la fois analogique (formes, couleurs, espace) et conceptuelle (concept associé à l'image) participeraient à un double stockage de l'information. Ces images seraient **davantage mémorisées lors d'une double exposition** car elles pourraient être reliées aux connaissances du sujet (répétition d'élaboration). Néanmoins, le processus de sémantisation entraînant l'oubli d'éléments contextuels et par conséquent **la fidélité de la mémorisation diminuerait au cours du temps**. Il deviendrait alors impossible pour les participants de différencier des images conceptuellement identiques mais analogiquement différentes.

A contrario, les images *Meaningless* seraient **moins bien, voire peu mémorisées**, car seuls des éléments de nature visuelle seraient stockés, lesquels disparaîtraient plus rapidement que les éléments sémantiques. De plus, **la répétition ne permettrait pas d'amélioration notable** de la mémorisation car les images *Meaningless*, ne disposant pas de sens *a priori*, seraient difficilement reliées à des connaissances existantes.

D'autres modèles, tels que ceux des formats de stockage de l'information visuelle en MLT, restent à explorer. Le deuxième chapitre fait le point sur les différentes théories qui, s'opposant à celles qui défendent un stockage conceptuel, prônent un stockage analogique.

CHAPITRE II : Formats de stockage en mémoire à long terme

L'imagerie mentale correspond à la représentation mentale créée après une perception sensorielle. La nature de ces représentations mentales fait l'objet d'un débat depuis de nombreuses années. Avec d'une part, les tenants de l'idée selon laquelle l'imagerie mentale consisterait en **l'activation des représentations perceptives** (Kosslyn, Farah), et d'autre part ceux affirmant que les représentations utilisées dans l'imagerie mentale seraient **différentes des représentations perceptives** (Pylyshyn, Anderson, Bower). Ce débat ne se situe pas au niveau structurel, au niveau des neurones, des locus, mais porte sur la **nature des représentations internes** créés après une stimulation visuelle. Ceci est illustré par l'exemple utilisé par Kosslyn (1994, p.4) : « A list structure in a model doesn't mean a list in the neurons any more than a list structure in a program means that there is a list somewhere in the computer. It functions as a list, and that is what is important when talking at the representation level »⁷

2.1 Stockage sous forme analogique

Dans ce type de représentation défendue par de nombreux auteurs (Farah, 1988 ; Shepard et Metzler, 1971 ; Kosslyn, Ball et Reiser, 1978 ; Jolicoeur et Kosslyn, 1985b, Borst, Kosslyn, et Denis, 2006), les images mentales formées possèdent une équivalence avec le percept (stimulus perçu), bien qu'elles ne leur soient pas tout à fait identiques. Cela signifie que les images mentales possèdent des propriétés analogues aux stimuli physiques qu'elles représentent, on parle alors **d'équivalence fonctionnelle**.

Un certain nombre d'expériences, notamment les travaux menés sur l'exploration des images mentales, supportent cette théorie. Chacune des démonstrations de l'équivalence entre l'image et son percept est compatible avec l'affirmation selon laquelle certaines représentations identiques sont utilisées dans l'imagerie et dans la perception (Farah, 1988).

⁷ « Une structure de liste dans un modèle ne signifie pas une liste dans les neurones plus qu'une structure de liste dans un programme signifie qu'il existe une liste quelque part dans l'ordinateur. Il fonctionne comme une liste, et c'est ce qui est important quand on parle au niveau de la représentation. »

2.1.1 Arguments en faveur de l'équivalence fonctionnelle

2.1.1.1 Rotation mentale

En 1971, Shepard et Metzler ont exposé à des sujets deux images représentant un assemblage de cubes en trois dimensions (Figure 9). Les sujets devaient alors déterminer si la seconde forme correspondait à une rotation de la première forme.

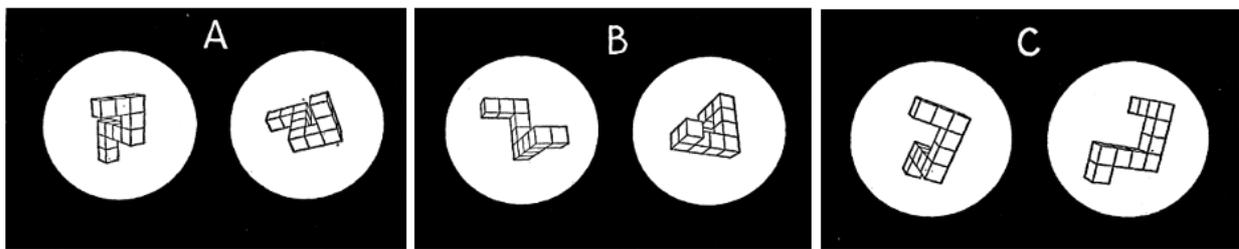


Figure 9. Matériel utilisé lors des expériences réalisées par Shepard et Metzler (1971).

La paire A correspondait à une rotation dans le plan de la figure, la paire B à une rotation en profondeur. Les figures de ces ensembles subissaient une rotation comprise entre 0 et 180 degrés. La paire C, quant à elle, représentait deux figures différentes (l'une n'étant pas la rotation de l'autre). Les chercheurs ont alors mesuré le temps mis par les sujets pour décider si les deux figures étaient congruentes ou non. Les résultats obtenus ont démontré que **le temps de réaction augmentait linéairement avec l'augmentation de l'angle de rotation**. En revanche, la rotation « en profondeur » ne demandait plus de temps que la rotation dans « le plan de l'image ». De plus, tous les sujets de l'étude ont prétendu que pour faire la comparaison, ils réalisaient une rotation mentale.

Ces résultats soutiennent la théorie sur une équivalence fonctionnelle entre l'image mentale et le percept. En effet, pour un objet physique le temps de rotation et l'angle de rotation sont liés par une fonction linéaire.

De plus, les travaux sur l'échelle et le balayage des images ont également mis en évidence l'existence d'une équivalence fonctionnelle entre image et percept.

2.1.1.2 L'échelle de l'image

Dans une autre étude, Kosslyn (1975) a également cherché à démontrer que les **images mentales étaient des représentations analogues aux percepts**. Durant cette expérience, les sujets devaient construire par paire des images mentales d'animaux. Une mouche ou un éléphant étaient systématiquement présents dans chaque paire. Les sujets devaient par exemple se représenter mentalement un éléphant et un lapin positionnés côte à côte, ceci permettant de s'assurer que la taille de l'image mentale du lapin était relative à celle de l'image mentale de l'éléphant, c'est-à-dire beaucoup plus petite. D'autres sujets devaient, quant à eux, « visualiser » le couple mouche-lapin, cette fois l'image mentale du lapin, comparativement à celle de la mouche, étaient beaucoup plus grande (Figure 10).

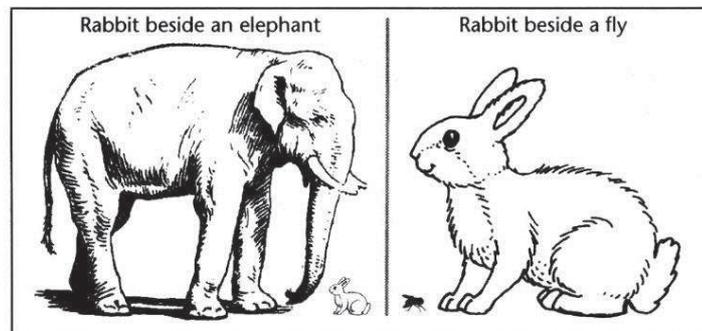


Figure 10. Représentations des images mentales construites par les sujets lors de l'expérience menée par Kosslyn (1975).

Une fois le couple éléphant-lapin « visualisé », les sujets entendaient, par exemple, le mot « pattes ». Ils devaient parcourir leurs images mentales et indiquer le plus rapidement possible si cette caractéristique appartenait ou non au lapin. La mesure du temps de réponse a mis en évidence un délai plus court lorsqu'on a questionné les sujets sur les caractéristiques d'un animal « visualisé » avec une mouche plutôt qu'avec un éléphant. Ce résultat a démontré qu'à l'instar des objets physiques pour lesquels il est plus facile de discerner les détails de grands que de petits objets, **il fallait plus de temps pour évaluer une image de petite taille**. Ces résultats soutiennent la théorie d'une **équivalence fonctionnelle entre les images mentales et les perceptions physiques**.

2.1.1.3 Le balayage de l'image

En 1978, Kosslyn, Ball et Reiser ont conforté l'existence d'une équivalence fonctionnelle en demandant à un groupe de sujets de mémoriser puis de « balayer » le dessin d'une carte (Figure 11).



Figure 11. Carte fictive utilisée dans l'expérience de Kosslyn et al. (1978).

Lors de cette expérience, il était demandé aux sujets de « mémoriser » les sept éléments de la carte ainsi que leurs positions (cabane, puits, arbre, lac, herbes, rochers, plage). Une fois la position des différents objets mémorisée, les sujets devaient se concentrer et visualiser un des lieux (par exemple la cabane). Dans un second temps, le nom d'un deuxième lieu leur était donné, ils « balayaient » alors la carte jusqu'à cette nouvelle localisation (par exemple les rochers). Le temps de réaction pour réaliser mentalement le déplacement a été mesuré. Pour être certain que le « balayage » était effectué par la distance la plus courte, les sujets imaginaient un point noir se déplaçant le long d'un chemin direct à travers l'image. Les résultats ont montré que **le temps de « balayage » de l'image mentale augmentait proportionnellement avec la distance** séparant deux éléments. Des résultats similaires sur le rapport distance/temps lors de la création d'images mentales ont été mis en évidence par Borst, Kosslyn et Denis. (2006).

Ainsi, bien que de nombreuses expériences soutiennent la théorie selon laquelle les représentations mentales des images seraient « picturales » et conformes au percept (Kosslyn, et al., 1978), un certain nombre des chercheurs n'ont pas adhéré pas à cette thèse. Parmi ces derniers,

Reed (1974), Pylyshyn (1981), Chambers et Reisberg, (1985), Intons-Perterson (1983) et Keer (1983) ont démontré expérimentalement les limites de cette théorie et même l'inexistence des représentations analogiques

2.1.2 Limites de la représentation analogique

2.1.2.1 Réinterprétations ou reconstructions d'images mentales

En 1974, Reed a émis l'hypothèse selon laquelle si un sujet mémorise de manière analogique une image, il peut lors la visualiser mentalement et identifier de manière précise certaines de ses parties. Il a alors proposé deux expériences dans lesquelles il a testé la mémorisation de figures géométriques (Figure 12).

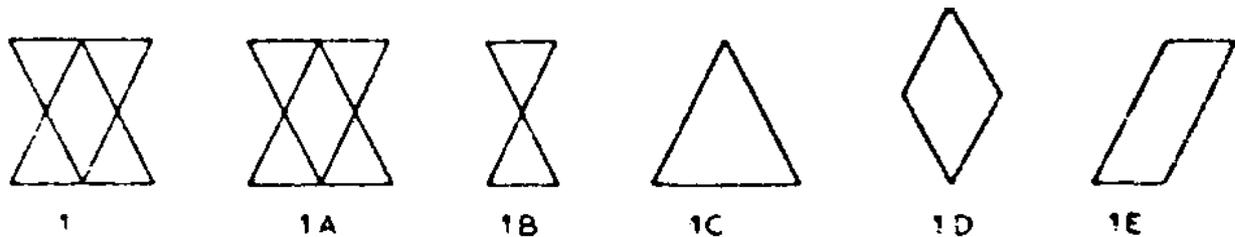


Figure 12. Figures géométriques utilisées lors de l'expérience menée par Reed (1974).

Une première figure était présentée (1) puis après un intervalle de temps défini, une seconde figure était affichée (1A ou 1B ou ...). Les sujets indiquaient si cette seconde figure correspondait à une partie de la première figure ou pas. Les résultats de cette expérience ont montré que les sujets avaient des difficultés à identifier correctement certaines parties de la figure, comme le parallélogramme (1E). Reed a alors proposé un autre modèle dans lequel il a postulé que les sujets enregistraient la Figure sous la forme d'une description structurelle (la figure serait mémorisée sous forme de sous-figures). Par exemple, la figure 1 pouvait être décrite comme étant composée « d'un diamant central entouré de deux sabliers » ou de « deux triangles entremêlés ». Les sujets ont alors reconnu les parties de la figure contenus dans leur description (sablier 1B, triangle 1C, diamant 1D) et n'ont pas correctement identifié les autres (parallélogramme 1E). Ces résultats s'opposent à la théorie de la représentation analogique puisque si **les images étaient stockées sous**

formes analogiques, les sujets devraient identifier le parallélogramme au même titre que les autres sous-figures.

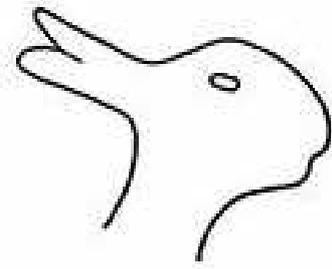


Figure 13. figure ambiguës utilisées par Chambers et Resibergs (1985). Cette figure représente soit un canard soit un lapin.

En utilisant des figures ambiguës (Figure 13), Chambers et Reisberg (1985) ont conforté ces résultats. Ils ont montré qu'une fois que les sujets avaient mémorisé l'image sous une certaine forme (par exemple le lapin), il leur était ensuite impossible de réinterpréter la nature de la figure. En effet, les sujets n'étaient pas parvenus à déceler l'autre image (le canard) à partir de l'image mentale qu'ils avaient créée. Chambers et Reisberg ont conclu que le phénomène de « balayage mental » n'existait pas, et ont ainsi réfuté l'hypothèse d'un **stockage analogique**.

Cependant, Finke, Pinker et Farah (1989), adhérant à la thèse d'un stockage analogique, ont obtenu des résultats différents au cours d'une expérience où ils ont demandé aux sujets d'imaginer mentalement un H en lettres capitales puis de superposer un X (Figure 14).

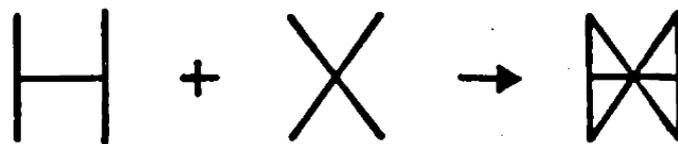


Figure 14. Motifs utilisés par Finke et son équipe. Les sujets ont été invités à superposer mentalement les deux premiers motifs. Le motif à droite de la flèche est celui qui résulte d'une superposition effectuée correctement.

Cette tâche diffère de celle proposée par Reed car il ne s'agissait plus de reconstruire ou de réorganiser une forme unique mais de combiner deux formes. Les sujets reportaient alors toutes les nouvelles formes qu'ils pouvaient détecter dans la figure « combinée ». Les résultats ont mis en évidence le repérage de nombreuses « nouvelles formes ». Les auteurs ont conclu que des **images mentales pouvaient être combinées et réinterprétées**. Néanmoins, ils ont convenu que ces résultats n'étaient pas incompatibles avec ceux obtenus par Reed (1974), ces derniers pouvant s'expliquer par la complexité des figures utilisées (6 à 16 segments) alors que celles auxquelles ont eu recours Finke et al. étaient plus simples (4 à 8 segments).

2.1.2.2 Les connaissances tacites

Les expériences menées par Kosslyn et al. (1978) sur le balayage d'images ont été fortement critiquées par Pylyshyn (1981). Selon lui, le fait de demander à des sujets d'imaginer un événement physique (déplacement d'un point noir sur une droite), induit la mobilisation **implicite des connaissances préalables** sur le rapport distance/durée. Les sujets savaient implicitement qu'une plus grande distance implique une durée plus importante. Cette hypothèse a été validée par une expérience, proche de la tâche de la carte imaginaire (Kosslyn et al, 1978), réalisée par Mitchell et Richman (1980). Les sujets devaient, non plus de balayer mentalement l'image, mais estimer le temps qu'il faudrait pour réaliser ce balayage. Les résultats ont montré que leurs estimations correspondaient au temps de balayage par imagerie et ont réfuté l'argument de Kosslyn et al. (1978) selon lequel la tâche qu'ils avaient proposée à leur sujets (balayage de la carte) semblait suffisamment complexe pour les empêcher de produire une relation linéaire entre temps de réaction et distance.

Pylyshyn (1981) développe le même argument à propos de la rotation des objets et a défendu l'idée que les sujets savaient implicitement que le changement d'orientation d'un objet s'effectue de façon continue et proportionnelle à l'angle de rotation. Les sujets ont donc donné des réponses qui étaient en adéquation avec les connaissances qu'ils possédaient des divers phénomènes étudiés (comme la relation distance/temps, angle/temps de rotation).

D'autres éléments issus de la neuropsychologie sont venus alimenter le débat.

2.1.3 L'apport de la neuropsychologie

Farah (1988) a soutenu que de nouvelles preuves issues de la neuropsychologie étaient en faveur de la théorie de la représentation analogique. L'examen du débit sanguin cérébral (DSC) des sujets a permis de détecter les zones du cerveau activées pendant la réalisation de trois tâches cognitives (Roland et Friberg, 1985). Ces tâches ont consisté à réaliser mentalement des soustractions, à sauter mentalement à l'écoute d'un stimulus auditif, à imaginer une promenade en alternant les virages à droite et à gauche. Pour chacun des sujets testés, la tâche d'imagerie visuelle (imaginer la promenade) a activé fortement les régions postérieures du cerveau, ainsi que le lobe occipital (cortex visuel), les zones pariétales postéro-supérieures et les zones temporales postéro-inférieures. **Les mêmes zones sont activées lors de tâches visuo-perceptives.** De plus, ces zones

n'ont pas présenté d'augmentation de la circulation sanguine par rapport à l'état de repos lors de la réalisation des deux autres tâches cognitives.

Les tenants de la théorie de la représentation analogique proposent désormais que l'information, plutôt que d'être stockée sous forme d'une image reproduisant fidèlement le réel, subisse des transformations et une réorganisation qui, dès la perception, conduirait à une schématisation de ses traits caractéristiques. À la lumière de ces travaux sur l'équivalence fonctionnelle, il semblerait qu'un stockage analogique des images *Meaningless* soit possible.

Pylyshyn (1973), à l'inverse, a soutenu que ce que nos connaissances seraient essentiellement stockées sous forme conceptuelle et propositionnelle plutôt que sensorielle ou picturale.

2.2 Stockage sous forme conceptuelle

Bien que Pylyshyn (1973) ait affirmé que l'existence de **l'imagerie mentale ne pouvait pas être remise en cause**, il a cherché à montrer que l'image ne pouvait pas être considérée comme une **construction explicative primitive** (c'est-à-dire ne nécessitant pas de « réduction » supplémentaire). La conception analogique radicale qui supposerait que les représentations soient isomorphes aux perceptions ne serait pas économique car le système ne pourrait pas retenir tous les possibles.

2.2.1 Théorie propositionnelle

En 1972, Anderson et Bower ont proposé une organisation différente des représentations visuelles en MLT. Selon eux, elles seraient organisées en réseaux de concepts interconnectés. Dans leur **modèle HAM** (human associative memory), les informations sont structurées en **propositions** qui spécifient les relations sémantiques entre les différents concepts. Les propositions sont composées de concepts qui ne sont pas directement accessibles mais qui peuvent être exprimés avec des mots, des symboles ou des images. Elles peuvent être utilisées pour décrire n'importe quels types de relations (action, appartenance, position, attribut, ...). Les propositions peuvent, de plus, être connectées entre elles pour représenter les relations les plus complexes.

Les mots et les images sont codés sous le même format (Clark et Chase, 1972). Prenons l'exemple d'un sujet qui observerait une image représentant un mouton mangeant de l'herbe (Figure 15). Elle serait alors codée sous la forme d'une proposition représentée par un arbre (Figure 16).



Figure 15. Image représentant un mouton mangeant de l'herbe.

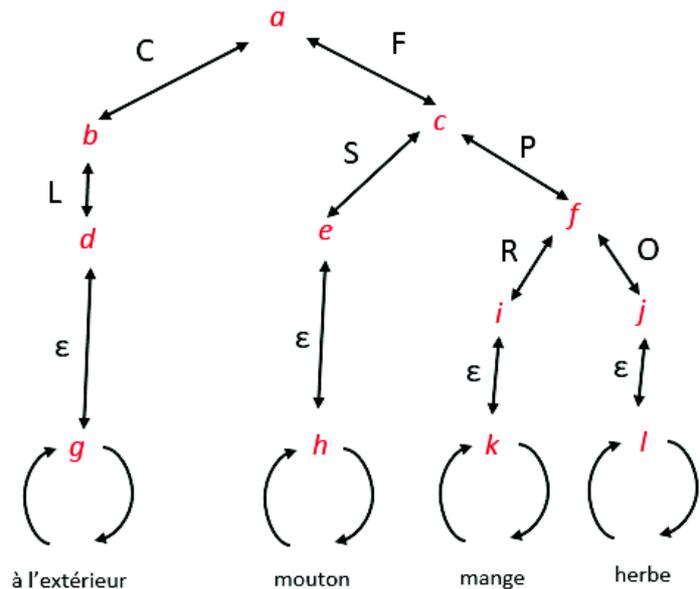


Figure 16. Schéma représentant l'articulation des propositions codant l'image d'un mouton mangeant de l'herbe en extérieur.

Dans ce modèle, les nœuds représentent les idées et les liens représentent les relations ou associations entre les idées. Le nœud principal (*a*) est divisé en contexte (*C*) et en faits (*F*). Le contexte (*C*) est subdivisé en localisation (*L*). Les faits (*F*) sont subdivisés en sujet (*S*) et prédicat (*P*) lui-même divisé en relation (*R*) et objet (*O*). Le nœud « *a* » représente l'idée de la proposition totale, le nœud « *b* » l'idée du contexte, le nœud « *c* » l'idée des faits, etc. Les nœuds (*d*, *e*, *i*, *j*) sont spécifiques au dessin, ils représentent un mouton particulier, de l'herbe particulière, etc. Alors que les nœuds (*g*, *h*, *k*, *l*) représentent des concepts généraux, les concepts particuliers appartenant (ϵ) aux concepts généraux. Ainsi la proposition créée à partir de cette image ne retient pas sa forme perceptive, le stockage est propositionnel tout comme celui des phrases (Clark et Chase, 1972).

2.2.2 Conception de Pylyshyn

Pour Pylyshyn (1973), relever le fait que les sujets ont évoqué des représentations imagées avec des mots paraît « farfelu ». Il a postulé qu'il leur était impossible de ne pas utiliser des images

et /ou des mots pour décrire des représentations, et ce quelles que soient leurs formes. Il a proposé que la connaissance soit « médiée » par autre chose que des images et/ou des mots. Les sujets pouvant passer d'images mentales à des mots mentaux et inversement, il a postulé l'existence d'une **représentation plus abstraite et non disponible à l'expérience consciente**. Il faut, en d'autres termes, qu'il y ait un format ou une **interlangue commune**. D'après Pylyshyn, ce pont entre la stimulation sensorielle et la connaissance serait effectué par un stockage sous forme de propositions. Une proposition ne serait pas, au sens propre, une chaîne de mots, mais un codage plus abstrait qui pourrait être traduit grâce à des mots. Il a ajouté que plusieurs chaînes de mots pourraient traduire la même proposition. En effet, une proposition ne peut avoir qu'un seul contenu conceptuel, alors qu'une image ou un mot peut avoir de nombreux contenus conceptuels (Pylyshyn, 1973). Autrement dit, plusieurs images physiquement différentes mais conceptuellement identiques seront codées grâce à la même proposition rappelant l'idée de sémantisation développée dans le premier chapitre.

La théorie propositionnelle présente l'avantage d'être économique en terme de stockage, un argument sur lequel s'appuie Pylyshyn pour qui la capacité de stockage du cerveau serait insuffisante pour conserver l'ensemble des stimuli sous forme analogique et serait donc rapidement saturée.

Selon le modèle HAM et la théorie de Pylyshyn, seules les images *Meaningful* pourraient être stockées sous forme de propositions abstraites. De plus, une seule proposition pouvant coder plusieurs images, la fidélité de la mémoire visuelle ne serait pas importante.

Des limites à la théorie propositionnelle ont néanmoins été avancées.

2.2.3 Limites de la théorie propositionnelle

Une des faiblesses de la théorie propositionnelle réside dans le faible nombre d'**expériences** prouvant son existence, les arguments étant souvent de nature théorique. Néanmoins, Hinton et Parsons (1981) ont réalisé une expérience mettant en doute le concept de rotation mentale. Ils ont fait l'hypothèse que les sujets n'ont pas besoin de réaliser une rotation mentale pour affirmer que deux figures sont différentes mais seulement de coder le « **cadre intrinsèque de référence** » (Figure 17, flèches top et front).

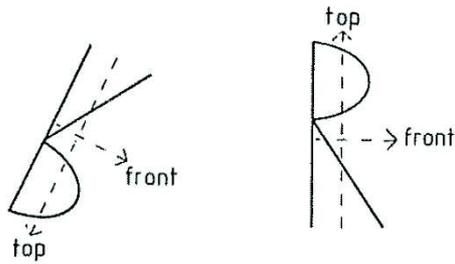


Figure 17. Deux versions de la lettre R utilisée dans l'expérience de Hinton et Parsons (1981). Ces deux lettres ont des caractéristiques identiques. Les différences se situent au niveau de l'orientation, de la position et de la latéralité du cadre intrinsèque.

Hinton et Parsons ont proposé que, si le cadre intrinsèque de référence de la figure était indiqué par avance, ceci afin de rendre inutile la rotation mentale, le temps de réaction des sujets dépendrait du « basculement de la figure » et non de son angle de rotation, une proposition confirmée par leurs résultats. La représentation mentale ne serait pas une représentation analogique du percept, elle serait codée grâce à son cadre de référence. Cependant, Finke, et al. (1989) ont mis en évidence la possibilité de manipuler directement les images mentales sans passer par un codage propositionnel. De plus, les expériences démontrant la manipulation d'images mentales sont bien plus nombreuses que celles prouvant l'existence d'un codage propositionnel. Les tenants de la théorie propositionnelle se sont souvent référés aux travaux réalisés sur l'intelligence artificielle et sur la façon dont sont codées les connaissances dans un ordinateur. Or, il est peu probable que la représentation d'une relation spatiale dans le cerveau soit similaire à celle contenue dans un ordinateur (Hinton et Parsons, 1981).

Le débat entre les théories de stockage analogique et propositionnelle est toujours vif et il existe des arguments en faveur de ces deux formats de stockage. Il est possible que les images *Meaningless* soient stockées de manière analogique et les images *Meaningful* de manière analogique et/ou propositionnelle. Entre outre, des théories intermédiaires ont été proposées, notamment tous les travaux portant sur le codage multiple.

2.3 Stockage sous forme de codes multiples

Certains chercheurs n'ont souscrit ni à un codage de l'information qui serait purement analogique ni à un codage qui serait purement conceptuel. Ils ont proposé une autre approche dans laquelle les stimuli extérieurs seraient codés à la fois sous forme imagée et sous forme verbale. C'est notamment le cas de **la théorie du double codage** (Paivio, 1969, 1971, 1986).

2.3.1 Théorie du double codage

Allan Paivio (1969, 1971, 1986) a proposé la théorie du double codage suite à la mise en évidence d'un effet de supériorité du rappel des images par rapport au rappel de mots. De plus, il a observé que les mots concrets étaient mieux rappelés que les mots abstraits. Il a expliqué ces différences par un double codage de l'information, d'une part sous **forme verbale** et d'autre part sous **forme imagée**. La perception de mots active le système verbal et celle d'images active le système imagé. Ces deux systèmes peuvent fonctionner indépendamment l'un de l'autre mais, bien que séparés, ils sont reliés par des connexions référentielles (Figure 18).

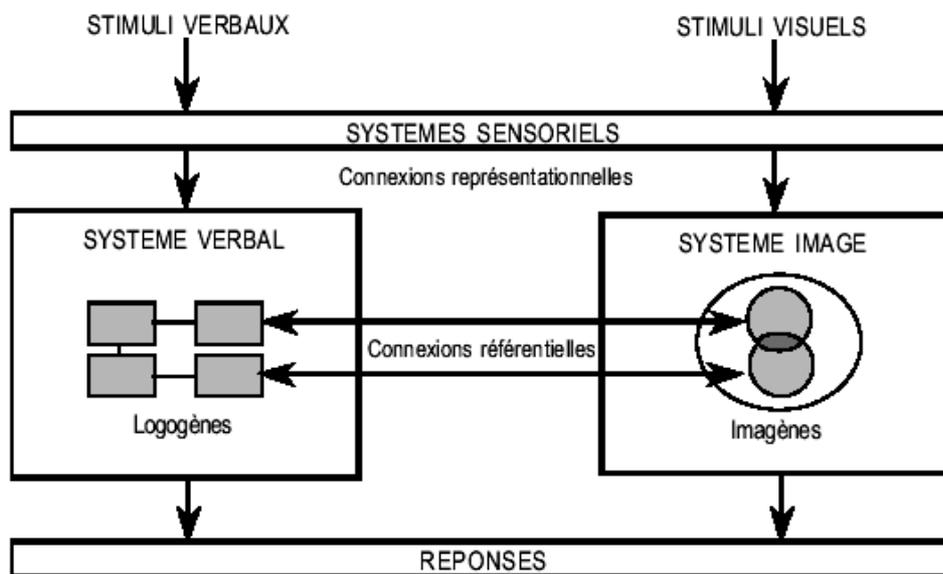


Figure 18. Représentation schématique du fonctionnement du modèle à double codage proposé par Paivio (1971, 1986).

Une image présentée à un sujet peut donc être codée dans le système imagé (sous forme d'image mentale) et dans le système verbal (sous forme de proposition).

Les études de Paul Fraisse (1969) ont conforté la thèse de l'existence d'un double codage. Dans ces travaux, il a démontré que nommer un dessin requerrait plus de temps que lire un mot. Ces résultats s'expliquent par l'activation du système imagé et du système verbal dans le cas du dessin, alors que la lecture d'un mot n'active que le système verbal.

C'est pourquoi les images *Meaningful* seraient mieux mémorisées que les images *Meaningless*, ces dernières n'activant que le système imagé. Lieury en 2012 a mesuré que le double

codage se produisait à partir de 250 ms chez l'adulte et de 500 ms chez les élèves de CM2 (Lieury, 2012, p. 61), une exposition brève ne serait donc pas suffisante pour assurer un double codage de l'information.

En outre, les neurosciences ont apporté des éléments en faveur d'un double codage mémoriel des informations visuelles.

2.3.2 L'apport de la neuropsychologie

Mellet et al. ont réalisé des travaux d'imagerie cérébrale pour étudier l'existence du double codage (Mellet, E., Tzourio-Mazoyer, N., Crivello, F., Mazoyer, B., 1996). Durant ces expériences, les sujets devaient mémoriser une scène composée de quatre formes géométriques (Figure 19) en la « scannant » ou en créant une image mentale à partir d'une description verbale.

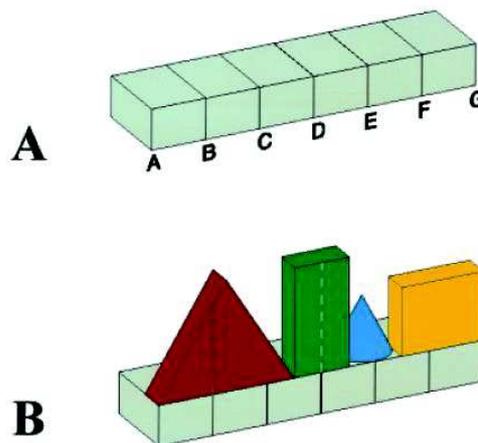


Figure 19. (A) base sur laquelle quatre formes géométriques ont été placées. (B) représentation utilisée dans les expérimentations de Mellet et al. (1996).

Les sujets étaient ensuite plongés dans le noir, les yeux fermés et devaient répondre à une affirmation du type : « D est inférieur à B » pendant que les chercheurs mesuraient le débit sanguin cérébral régional (DSC). La réponse requerrait une image mentale de haute résolution. Les résultats ont mis en évidence que la création d'images mentales de haute résolution n'activait pas la zone visuelle primaire du cerveau. De même, quelle que soit la modalité d'apprentissage (verbale ou visuelle), les mêmes zones du cerveau étaient actives lors de l'élaboration de la réponse (à l'exception du cortex occipital médian), ce qui signifie que les sujets utilisaient les mêmes

stratégies pour résoudre la tâche. Ces résultats ont démontré que les **images mentales visuelles construites à partir d'une description verbale** présentaient les mêmes propriétés métriques que les images acquises par la perception (Mellet et al., 1996), confirmant l'affirmation de Wiseman et Neisser (1974) selon laquelle la reconnaissance ne dépendait pas de la nature du stimulus mais de la capacité du sujet à s'en faire une représentation interne.

Ainsi, ces résultats confirment que les images *Meaningful*, pouvant être codés sous forme imagée et verbale, seraient mieux mémorisées que les images *Meaningless*.

2.4 Conclusion

Dans ce second chapitre, nous avons mis en regard différentes théories sur la nature du stockage des images en mémoire. Les images sembleraient pouvoir être stockées sous forme analogique et/ou conceptuelle. Néanmoins, les recherches récentes semblent indiquer un probable stockage sous la forme d'un **double codage verbal et imagé**. Ces informations viennent conforter les conclusions du premier chapitre selon lesquelles les images *Meaningful* seraient davantage mémorisées par rapport aux images *Meaningless*. La question de l'évolution de cet encodage au cours du temps reste néanmoins ouverte : Le double codage permet-il un stockage à long terme durable ?

D'autres approches doivent désormais être explorées, notamment à propos de la fidélité des images stockées. En effet, les travaux sur le modèle MNESIS présenté dans le Chapitre I et sur le stockage propositionnel dans le Chapitre II suggèrent que les éléments contextuels sont oubliés, amenant la question de la fidélité ainsi que de la capacité de stockage des images en MVLT. L'état actuel des connaissances dans ce domaine sera présenté dans le chapitre III à travers la description des différentes composantes de la chaîne de traitement de l'information visuelle : la mémoire iconique, la mémoire visuelle de travail et la mémoire visuelle à long terme.

Chapitre III : Capacité et fidélité de la mémoire des images

Le premier des trois registres de la mémoire (comme définit dans le Chapitre I) est le registre de l'information sensorielle. Il précède le passage dans la mémoire visuelle de travail (MVT) puis dans la mémoire visuelle à long terme (MVLT).

3.1 Le registre sensoriel visuel : la mémoire iconique

Mise en évidence pour la première fois par George Sperling en 1960, la « **mémoire iconique** » fait partie du RS. Cette mémoire sensorielle visuelle a été qualifiée d'iconique (Neisser, 1967) car les informations y seraient stockées sous forme d'icônes (représentation graphique d'une entité, dont elle conserve certaines propriétés spatiales).

3.1.1 Capacité de la mémoire iconique

Pour mettre en évidence la « mémoire iconique », Sperling (1960) a réalisé plusieurs expériences de **rappel global** (identifier et localiser le plus grand nombre de symboles possible) après avoir soumis ses sujets à un stimulus visuel. Celui-ci prenait la forme de lettres majuscules, les stimuli différaient entre eux par le nombre de lettres présentées et par leurs organisations spatiales (Figure 20). Sperling a observé alors que, quelle que soit la configuration choisie ou la durée du stimulus (de 15 ms à 500 ms), l'empan de la mémoire iconique était compris entre 4 et 5 items.

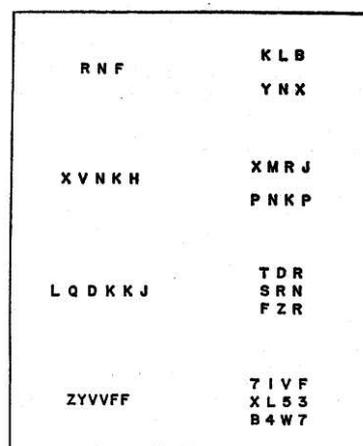


Figure 20. Stimuli utilisés par Sperling (1960).

Cependant lors de l'étude plusieurs sujets ont mentionné qu'ils avaient vu plus de lettres qu'ils ne pouvaient en rappeler, suggérant que l'information disponible pouvait être plus importante que celle mesurée avec un rappel global. Sperling a alors utilisé la procédure du **rappel partiel** durant laquelle les sujets ne devaient rappeler qu'une seule ligne de la carte présentée (3 lignes de 4 lettres). Cette ligne était indiquée par un signal sonore après le stimulus, une tonalité différente étant affectée à chacune des trois lignes. Cette expérience a permis d'estimer que la quantité d'information réellement perçue avant le passage en MCT était de **9 items**. En manipulant la variable temps, Sperling a observé que la quantité d'information disponible diminuait rapidement. Au-delà d'une seconde les performances des sujets étaient semblables à celle obtenues avec le rappel global (4 à 5 lettres). Il a estimé la durée de la « mémoire iconique » à environ 250 ms.

Consécutivement à ces travaux, une étude d'Averbach et Coriell (1961) a mis en évidence qu'une diminution de l'interférence entre la réponse du sujet et le phénomène étudié (en l'occurrence la mesure de l'empan de la mémoire iconique), en nommant qu'une seule lettre et non plus une rangée de lettres, augmente l'empan de 9 items à **12 items**. Cependant, un certain nombre de critiques de la mémoire iconique ont été formulées.

3.1.2 Critique du concept de mémoire iconique

Sans contester les éléments de base de la mémoire iconique (supériorité du rapport partiel et déclin), Habert (1983) a fait part de son étonnement vis-à-vis de l'acceptation en grande partie non critique du concept d'icône. Il a soutenu que dans le monde réel, où l'environnement fournit des stimulations continues, le fonctionnement normal de la vision n'était pas fait de flashes rapides, isolés ou combinés et que le **stockage d'images figées n'aurait pas de sens**. Il a proposé l'étude des mécanismes de la vision en situation réelle (par opposition aux expériences précédentes réalisées grâce à un tachistoscope⁸). Il a alors parlé « d'écologie naturelle de la vision ». Il a réfuté la pertinence des icônes comme « informations visuelles gelées » en conditions normales d'observation de scènes, par exemple, lors des mouvements saccadés des yeux, durant le suivi d'un objet en mouvement ou des mouvements d'accommodation (passer d'un objet lointain à un objet

⁸ Un tachistoscope est un appareil permettant la présentation ultra rapide (de l'ordre de la milliseconde) d'un stimulus à un seul hémichamp visuel à la fois. Cet équipement permet de contrôler finement les paramètres de la présentation visuelle des stimuli en temps et en intensité.

proche). Toujours selon Haber, l'icône étant centrée sur la rétine et liée à des coordonnées sur cette dernière elle entraînerait la persistance des photorécepteurs. La mémoire visuelle immédiate serait donc dû à un phénomène de **persistance rétinienne** de bas niveau plutôt qu'à la création d'icônes situées dans des niveaux plus élevés (Haber, 1983). Les travaux d'Haber posent la question suivante : la persistance visible et la mémoire iconique sont-elles deux entités identiques ?

Plusieurs résultats ont montré que persistance rétinienne et mémoire iconique ne peuvent être assimilées. C'est notamment le cas des expériences réalisées par Turvey en 1973 dans lesquelles le sujet devait identifier le stimulus, une lettre, présentée soit à l'œil gauche soit à l'œil droit. Le stimulus était suivi d'un **masquage, par flash lumineux ou par motifs**, présenté soit du même côté que le stimulus, soit à l'autre œil. Les résultats ont montré que le flash lumineux n'a eu un effet que s'il était présenté sur le même œil que le stimulus, alors que le masquage par motif avait le même effet quelles que soient les conditions (Turvey, 1973). De ces expériences Turvey déduit que le flash lumineux interviendrait au niveau rétinien alors que le masquage par motif interviendrait à un niveau plus élevé dans la chaîne de traitement de l'information suggérant des bases neurales différentes. La persistance visible trouverait sa source au niveau de la rétine alors que **la mémoire iconique serait ancrée à un niveau supérieur** (Coltheart, 1983).

Au niveau du registre sensoriel, les images seraient stockées sous forme d'icônes (format analogique) et non sous forme de concepts. Il semblerait qu'à ce stade, les images *Meaningful* et *Meaningless* soient mémorisées de manière identique.

Après le RS, les informations perçues sont traitées par la MT dont plusieurs ont été décrites : la mémoire visuelle de travail (MVT) et la mémoire conceptuelle à court terme (MCCT).

3.2 Les mémoires visuelles de travail

3.2.1 Capacité et fidélité de la mémoire visuelle de travail

Comme expliqué dans le premier chapitre, la MT et donc la MVT sont utilisées pour maintenir l'information active à l'esprit afin de résoudre des tâches cognitives (Baddeley 1992). Les études se sont largement concentrées sur les capacités de ce système. Par exemple, pour estimer la capacité de la MVT, Luck et Vogel (1997) ont utilisé une tâche de **détection de changements**. Ils ont exposé les sujets à des carrés colorés puis les ont fait disparaître et ensuite réapparaître mais en ayant changé la couleur d'un des carrés (Figure 21a – *change detection*). Luck et Vogel (1997)

ont montré que la mémoire de travail visuelle avait une capacité de **3 ou 4 éléments**, au-delà les performances des sujets diminuaient considérablement.

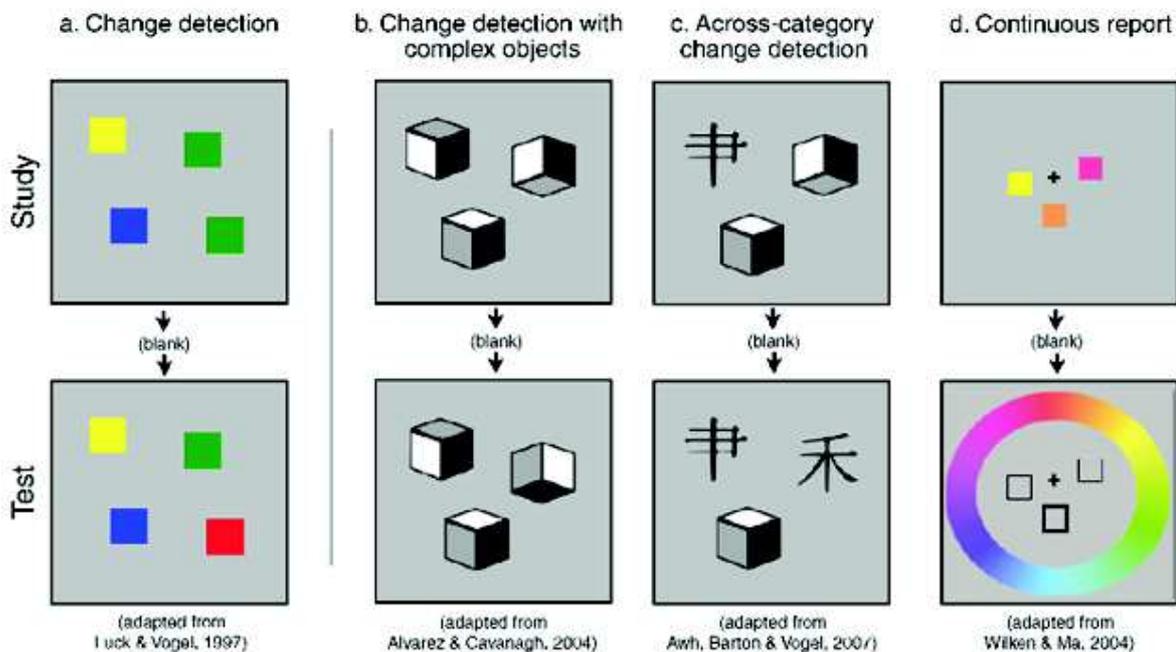


Figure 21. Schémas représentant différentes expériences réalisées pour mesurer les capacités et la fidélité de la mémoire visuelle de travail.

Des études ultérieures ont montré que plus le stockage nécessite d'être fidèle et moins le nombre d'items stockés est important. C'est notamment le cas des travaux d'Alvarez et Cavanagh (2004) dans lesquels la détection d'un changement a nécessité **un stockage de haute-fidélité** (Figure 21b – *Change detection with complex objects*). À l'inverse, dans l'expérience de Awh, Barton et Vogel (2007) les sujets détectaient facilement les changements car ceux-ci ne nécessitaient qu'un **stockage de basse fidélité** (Figure 21c – *Across-category change detection*). La capacité de la mémoire visuelle de travail est donc définie par deux caractéristiques, le **nombre d'éléments qui peuvent être stockés** et la **fidélité** avec laquelle chacun de ces éléments est stocké (Brady, Konkle, Alvarez, 2011). Wilken et Ma (2004) (Figure 21d – *Continuous report*) ont proposé une expérience au cours de laquelle, les sujets devaient rappeler avec précision la couleur d'un des items présentés précédemment en utilisant un cercle chromatique. Les auteurs ont observé que la fidélité de la mémoire visuelle de travail était inversement proportionnelle au nombre

d'items stockés et qu'elle pouvait en réalité contenir un seul élément avec une grande fidélité et non pas trois ou quatre.

Ainsi, plus le nombre d'éléments stockés est important moins la mémorisation semble fidèle. La mémorisation d'un grand nombre d'images serait donc réalisée avec une faible fidélité. Nous pouvons ainsi prédire de nombreuses confusions entre des images visuellement proches.

3.2.2 La mémoire conceptuelle à court terme

La majorité des processus cognitifs semble se réaliser sans révision, sans répétition du matériel, sans effort apparent et de manière inconsciente. À partir de ce constat, Mary Potter (1993, 2012) a proposé un nouveau modèle, **la mémoire conceptuelle à court terme** (MCCT). La MCCT est à la fois un tampon mental et un processus au cours duquel les différents stimuli perceptifs et leurs concepts associés, provenant de la mémoire à long terme, sont représentés brièvement.

3.2.2.1 Relation avec les autres systèmes de mémoire

La MCCT est différente mais **complémentaire des autres formes de mémoires de travail** (Potter, 2012). En effet, la mémoire iconique (Sperling, 1960) conserve un détail visuel jusqu'à 250-300 ms mais il sera éliminé par une nouvelle stimulation. De plus, le sens n'y joue pas un rôle important. La MCCT diffère également de la MVT. Bien que plus abstraite que la mémoire iconique, la MVT contient des informations telles que les formes, les couleurs et les tailles. De manière différente, la MCCT ne maintient que l'information conceptuelle. Elle se distingue également de la MT de Baddeley car la boucle phonologique, le croquis visuo-spatial et le contrôle exécutif soutiennent des processus cognitifs qui se déroulent sur un temps plus long, pendant plusieurs secondes ou minutes. Or, Potter observe que le traitement conceptuel a lieu en moins d'une seconde après l'apparition d'un stimulus.

3.2.2.2 Fonctionnement de la mémoire conceptuelle à court terme

Selon Potter (1993, 2012), quand une image *Meaningful* est perçue, le sens (le « *gist* ») est extrait rapidement (**dès 100ms**) et active les informations associées disponibles en MLT. Cette

association est maintenue en MCCT puis consolidée en MLT. Tous les éléments non associés dans cette structure seraient rapidement oubliés (Figure 22).

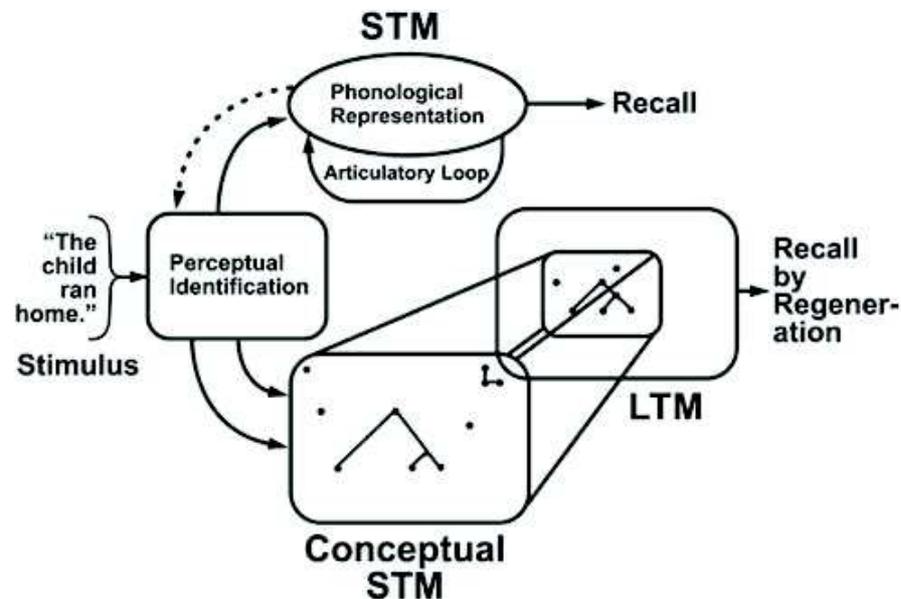


Figure 22. Représentation schématique du fonctionnement de la mémoire conceptuelle à court terme selon Mary Potter (2012)

Ces deux étapes (**identification et association-identification**) ont été mises en évidence grâce au **phénomène du clignement attentionnel** qui apparaît lorsque dans une tâche de détection (images présentées successivement à un rythme rapide), deux cibles sont présentées parmi des distracteurs. La première cible est détectée rapidement (moins de 100 ms). En revanche, le taux de déficit de détection pour la seconde cible est maximal lorsqu'elle est présentée entre 180 à 270⁹ ms (Raymond et al. 1992). En effet, après la détection de la première cible, un processus d'identification se produit, si la seconde cible est présentée durant ce processus d'identification, elle sera détectée mais pas identifiée car la première cible est toujours en traitement. Un cycle entier (identification du stimulus perceptif, recrutement de la mémoire, structuration, consolidation dans la MLT, oubli du matériel non structuré) a une durée inférieure à une **seconde**. Cependant, les interactions entre la MCCT et la MCT dans le processus et les tâches de mémoire immédiate restent à élucider.

⁹ Il s'agit du SOA (Stimulus Onset Asynchrony). Il correspond à l'intervalle de temps entre le début du premier stimulus et le début du second stimulus.

3.2.2.3 Arguments en faveur de l'existence de la mémoire conceptuelle à court terme

La rapidité d'accès à l'information conceptuelle (100-300 ms) est un premier argument en faveur de l'existence de la MCCT, car il exclut la participation d'autres processus cognitifs plus lents (e.g. la boucle phonologique). Des expériences de présentations rapides d'images successives (RSVP) durant lesquelles les sujets effectuent de **fausses reconnaissances** ont mis en évidence l'extraction rapide du « gist » (Potter, Staub et O'Connor, 2004). Par exemple (Figure 23), un sujet est exposé brièvement à une image de marteau (image de gauche), il en extrait le « gist » (i.e., marteau), puis lors de la phase de reconnaissance, lorsque la deuxième image lui sera présentée, il pensera l'avoir déjà rencontrée. Ce résultat a déjà été évoqué dans le modèle MNESIS pour rendre compte du processus de sémantisation (Cf. Chapitre 1).



Figure 23. Deux images de marteaux conceptuellement identiques mais visuellement différentes.

Potter a apporté un deuxième argument à l'existence de la MCCT. Des sujets pouvaient rappeler une phrase même si celle-ci est présentée à une vitesse rapide (12 mots/s). En revanche si on leur présentait des mots n'ayant pas de relations entre eux (à cette même vitesse), ils ne pouvaient en rappeler que deux ou trois. Les mots ne seraient pas traités indépendamment les uns des autres, c'est le sens, la plausibilité de la phrase, qui serait traitée. **Les nouvelles associations tireraient profit d'anciennes structures et d'associations préexistantes** (Potter, 2012).

Enfin, le fait que les informations non structurées (c'est-à-dire non associées avec les informations disponibles en MVLT) disparaissent rapidement constitue un troisième argument en faveur de l'existence de la MCCT (Potter, 2012).

Les images *Meaningless*, ainsi que les éléments d'ordre morphologique (orientation, couleurs, formes) des images *Meaningful*, étant peu ou pas associées à des informations présentes dans la MLT, nous faisons l'hypothèse qu'elles seront rapidement oubliées.

L'étude du registre sensoriel et des mémoires de travail nous a permis d'émettre quelques hypothèses concernant la mémorisation des images. Notre recherche visant plus spécifiquement l'étude de la mémoire visuelle à long terme cette dernière est l'objet de la partie suivante.

3.3 La mémoire visuelle à long terme

La MVLТ est définie comme la **capacité à se rappeler une image qui a été vue**, mais qui n'a pas été constamment tenue active à l'esprit (contrairement à la MVT). Les connaissances qui y sont stockées, sont définies comme des représentations visuelles qui sous-tendent notre capacité à percevoir et à reconnaître les entrées visuelles. Par exemple, lorsque nous voyons l'image d'une pomme rouge, les connaissances stockées sous formes visuelles et les caractéristiques de la pomme en général nous permettent de reconnaître l'objet en tant que tel. Lors de la présentation d'une autre image de pomme quelques heures plus tard, la MVLТ nous permet de décider si celle-ci est identique ou non à la pomme vue précédemment (Brady, Konkle, et Alvarez, 2011).

3.3.1 Capacité et fidélité de la mémoire visuelle à long terme

La MVLТ est caractérisée par une **très grande capacité** à stocker des images (Shepard, 1967 ; Standing, 1973). Shepard a montré à l'aide d'une tâche à choix forcé que des sujets étaient capables d'identifier 98% des 600 images vues 6 secondes chacune. Standing, quant à lui, a obtenu un résultat de 83% de reconnaissance quelques jours après à la présentation de 10 000 images pendant 5 secondes chacune. Plus récemment, d'autres chercheurs (Brady, Konkle, Alvarez et Olivia, 2008 ; Konkle, Brady, Alvarez et Olivia, 2010) ont montré que la MLТ permettait de retenir un nombre considérable de détails sur des objets observés durant quelques secondes, suggérant que contrairement à ce qui a été évoqué précédemment (Potter, 2012), cette mémoire ne stockerait pas uniquement les concepts. En effet, dans l'étude de Brady et al. en 2008 (4 500 objets vus 3 secondes chacun), des sujets ont été capables d'identifier en choix forcé 87 % des objets vus lorsque ceux-ci étaient présentés dans une position légèrement différente (Figure 24 – *State*), 88 % des objets lorsqu'ils étaient couplés avec un item similaire (Figure 24 - *Exemplar*) et 93 % quand ils étaient présentés avec un nouvel item (Figure 24 – *Novel*).

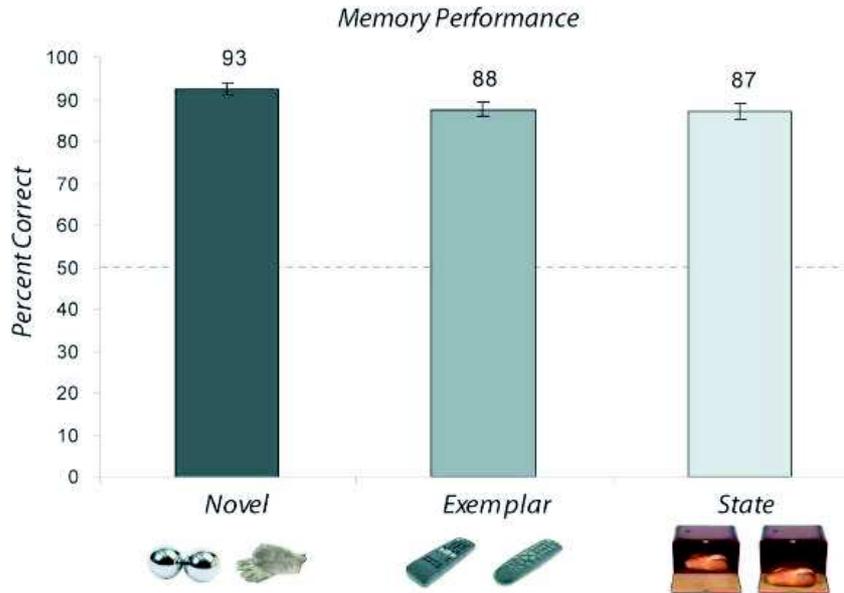


Figure 24. Performance de la mémoire visuelle à long terme pour chacune des trois conditions de test (novel, exemplar, state).

Ces résultats supportent des conclusions différentes de celles suggérées par les travaux de Potter (2012) pour la MCCT. Néanmoins ils ne prouvent pas non plus que le stockage des images se réalisait sous forme analogique pure. Brady et al (2009) ont mis en évidence la nécessité d'un délai suffisant d'environ 3s pour coder l'ensemble des détails d'un objet, démontrant que les fausses reconnaissances mesurées par Potter provenaient d'un temps d'encodage insuffisant.

Contrairement à ce qu'a affirmé Mary Potter, la MVLT disposerait d'une capacité importante pour stocker des « détails ». Cependant, l'utilisation d'images uniquement *Meaningful* lors de ces expérimentations nous amène à nous interroger sur les résultats possibles en cas d'utilisation d'images *Meaningless*.

Quelques éléments de réponse supplémentaires pourraient être trouvés grâce à l'étude des mécanismes d'encodage des informations visuelles dans la MVLT.

3.3.2 Effets des connaissances stockées sur la mémoire visuelle à long terme

Pour Brady, Konkle et Alvarez (2011) les nouvelles images seraient stockées dans **un espace à plusieurs dimensions**. Chacune d'entre elles seraient représentées sous la forme d'une abscisse attribuée à chaque caractéristique, qu'elle soit physique (taille, forme, couleur), ou conceptuelle (vivant/non vivant, rapide/lent). Lors d'une nouvelle stimulation visuelle, le système

visuel extrait chacune des caractéristiques et crée une trace mémorielle représentée par un point unique dans cet espace multidimensionnel. Par exemple, une voiture de course serait codée comme étant petite, aérodynamique, rouge, non vivante et rapide (Brady et al., 2011). Les connaissances déjà stockées fournissent le modèle de codage utilisé pour encoder les informations visuelles entrantes dans la MVLT.

En 2007, Ullman a proposé un autre modèle dans lequel les objets sont représentés par une **hiérarchie de fragments d'images**. Par exemple, de petits fragments d'images de pièces de voiture se combinent pour créer de plus grands fragments de voiture, qui se combinent entre eux pour former une voiture complète (Figure 25).

D'après ces modèles, il semblerait possible que les images *Meaningless* soient stockées sous formes de fragments, le sens ne semblant pas jouer ici un rôle essentiel.

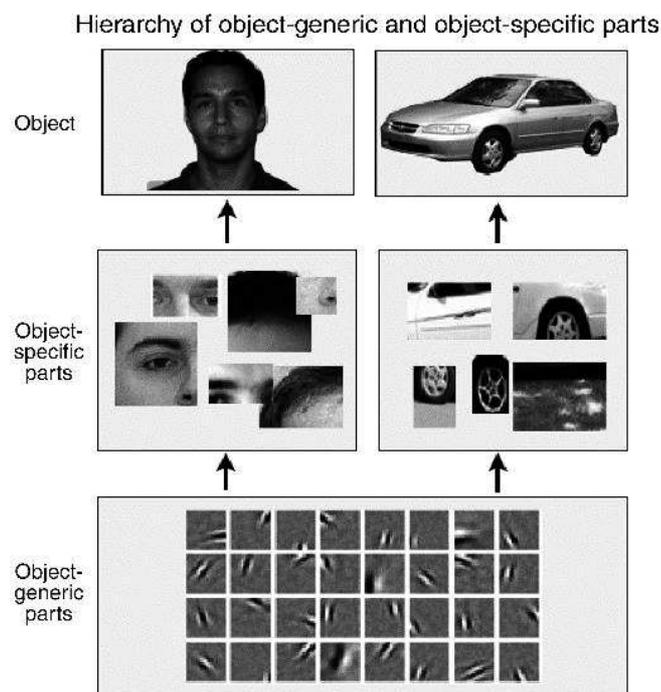


Figure 25. Représentation de la hiérarchie des connaissances visuelles (Ullman, 2007).

3.3.3 Rôle des crochets conceptuels dans la mémoire visuelle à long terme

Plusieurs études ont montré que la mémorisation visuelle était meilleure lorsque les images étaient sémantiquement étiquetées et reconnues. L'association à des connaissances stockées améliore vraisemblablement la mémoire en fournissant une matrice de codage riche et structurée constituée à la fois des dimensions perceptuelles et conceptuelles (Brady, Konkle, et Alvarez, 2011). La mémoire des formes ambiguës est meilleure lorsqu'un **libellé sémantique ou « crochet conceptuel »** est fourni (Koutstaal, W., Reddy, C., Jackson, E.M., Prince, S., Cendan, D.L. et Schacter, D.L., 2003). Pour démontrer cette hypothèse, Koutstaal et al. ont réalisé une expérience dans laquelle les stimuli étaient des images visuelles ambiguës de deux types : des images ambiguës accompagnées d'un libellé sémantique (*Easier*) et des images ambiguës sans libellé (*Harder*) (Figure 26).

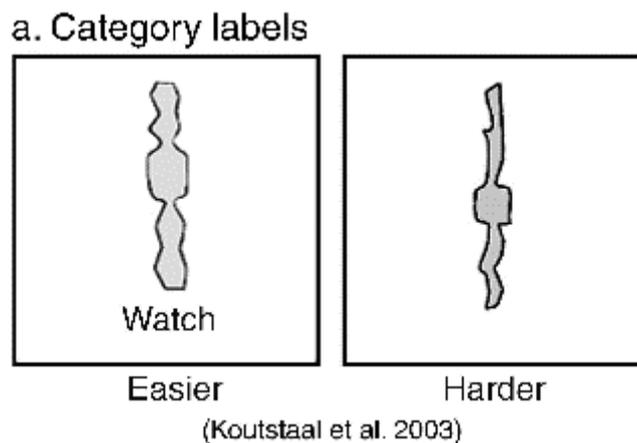


Figure 26. Exemples de stimuli utilisés par Koutstaal et al. (2003) pour tester l'influence de l'étiquetage sémantique sur la mémorisation.

Les résultats ont montré que **la mémorisation est meilleure** lorsqu'une image est associée à un libellé. De plus, la mémoire pour **des objets du monde réel est meilleure que pour des objets sans signification** (Koutstaal et al., 2003). **Le concept de crochets conceptuels nous amène à faire l'hypothèse que les images *Meaningful* seraient mieux mémorisées que les images *Meaningless*, bien que ces dernières seraient également stockées.**

3.4 Conclusion

D'après la littérature (Brady, Konkle, Alvarez, 2011), la fidélité des représentations stockées en MVT est inversement proportionnelle à leur nombre. Nous pouvons donc faire l'hypothèse que **les fausses reconnaissances (ou fausses alarmes) - c'est-à-dire lorsqu'un sujet indique avoir vu une image qu'il n'a pas vue – seraient importantes** pour des images visuellement proches et augmenteraient avec le temps.

De plus, les images *Meaningful* seraient plus facilement mémorisées que les images *Meaningless* grâce à l'extraction rapide du « *gist* » dès 100 ms (Potter, 2012) et aux crochets conceptuels (Koutstaal et al., 2003). La MVLT possédant une capacité importante pour retenir les détails d'une grande quantité d'images (Shepard, 1967 ; Standing, 1973), nous pouvons postuler que les images ***Meaningless* seraient également mémorisées**, bien que dans une moindre mesure comparativement aux images *Meaningful*.

PROBLÉMATIQUE

L'objectif de ces travaux est d'apporter une contribution expérimentale à la question du format des images visuelles inscrites en MLT. Il s'agit d'interroger les liens entre le sens et la mémorisation des images. Plus précisément, nous avons examiné comment les mémoires relatives aux images avec et sans signification ont évolué au cours des semaines. Nous avons étudié si le sens améliorerait quantitativement et/ou qualitativement la mémorisation afin de répondre à la question suivante : **l'accès au concept permet-il une amélioration des capacités de mémorisation visuelle à long terme chez les élèves de cycle 3 ?**

La première partie de ce mémoire nous a permis d'identifier un certain nombre d'éléments théoriques nous permettant de préciser nos hypothèses. **Les images *Meaningful* sembleraient être encodées plus profondément** du fait d'un stockage double, des éléments de nature à la fois analogique (formes, couleurs, espace) et conceptuelle (concept associé à l'image) seraient stockés (Paivio, 1986). De plus, elles seraient plus facilement mémorisées grâce aux crochets conceptuels (Brady, Konkle et Alvarez, 2011) et à l'extraction rapide du concept (Potter, 2012). Enfin, les répétitions amélioreraient la mémorisation de ce type d'images en établissant un lien entre les informations à encoder et les connaissances déjà présentes en MLT (Craik et Watkins, 1973).

D'autre part, de nombreuses expériences ont démontré que la MVLT posséderait une capacité importante pour retenir les détails d'une grande quantité d'images (Brady et al., 2008), supportant **l'hypothèse d'une mémorisation possible des images *Meaningless***. Cette mémorisation serait cependant plus fragile car tous les éléments ne pouvant être reliés à des connaissances en MVLT seraient rapidement oubliés (Potter, 2012).

De plus la fidélité des représentations stockées en MVLT serait inversement proportionnelle à la quantité de données à stocker. Ainsi, **plus le nombre d'éléments à encoder est important et moins le stockage serait fidèle** (Alvarez et Cavanagh, 2004).

Au regard de la littérature, nous postulons que l'information conceptuelle serait extraite plus rapidement et déterminerait la majeure partie de ce qui resterait en mémoire (Potter, 2012). Néanmoins, la MVLT posséderait une capacité inférieure mais tout de même importante pour stocker les images de type *Meaningless*. Ces hypothèses nous ont conduit à établir cinq prédictions :

(1) Les images *Meaningful* devraient être mieux mémorisées (théorie double codage, extraction rapide du « *gist* », crochets conceptuels).

(2) La MVLT posséderait une capacité inférieure mais tout de même importante pour stocker les images de type *Meaningless* (stockage analogique, hiérarchie de fragments d'images).

(3) Les souvenirs en MVLT s'effaceraient plus rapidement pour les images *Meaningless* (non association en MCCT) que pour les images *Meaningful*.

(4) La mémorisation s'améliorerait avec l'augmentation du temps et du nombre d'expositions. L'effet devrait être plus important pour les images *Meaningful* (répétition élaborative).

(5) Les fausses reconnaissances pour les images *New Old Gist* devraient augmenter au cours des semaines (processus de sémantisation, oubli des éléments non associés en MCCT).

Afin de vérifier ces prédictions, nous avons mis en œuvre **un protocole expérimental** comprenant deux phases : une phase d'apprentissage suivie d'une phase de reconnaissance.

Au cours de **la phase d'apprentissage**, les participants ont observé 120 images *Meaningful* et 80 images *Meaningless* afin de vérifier les prédictions (1) et (2). Une moitié des images *Meaningful* et *Meaningless* étaient présentées durant 120 ms, l'autre moitié durant 1920 ms. Pour chaque temps d'expositions et chaque type d'image (*Meaningful* et *Meaningless*), la moitié des images était présentée une fois et l'autre moitié deux fois. Ce dispositif expérimental permet de répondre à la prédiction (4).

La mémoire des images est ensuite évaluée grâce à **une tâche de reconnaissance** durant laquelle les participants devaient indiquer s'ils avaient déjà vu ou non les images qui leur étaient présentées. Cette tâche de reconnaissance a été effectuée soit immédiatement après la phase d'apprentissage, le lendemain, trois semaines ou six semaines plus tard afin de vérifier la prédiction (3). Les participants étaient soumis à 320 images dont 80 images *Meaningless* déjà présentées durant la phase d'apprentissage, 80 nouvelles images *Meaningless* (donc jamais vues), 80 images



Figure 27. Deux images de marteaux conceptuellement identiques mais visuellement différentes.

Meaningful déjà présentées et 80 nouvelles images *Meaningful*. Parmi les 80 nouvelles images *Meaningful*, 40 étaient visuellement identiques à celles déjà vues et 40 étaient visuellement proches (Figure 27), ces 40 dernières images nous permettant de tester la prédiction (5).



SECONDE PARTIE : EXPÉRIMENTATIONS ET RÉSULTATS

CHAPITRE IV : matériel et méthode

4.1. Participants

Quarante-huit élèves de CM1 et CM2 de deux écoles de Haute-Saône ont participé à nos expériences. Nous avons testé vingt-quatre garçons et vingt-trois filles âgés de 8,88 ans à 11,53 ans, soit une moyenne de **9,74 ans** au moment de la phase de reconnaissance (l'âge et le sexe de tous les participants sont disponibles en Annexe 2). Tous présentaient une acuité visuelle normale ou corrigée. Les élèves testés étaient scolarisés dans des écoles dites de « politique de la ville », c'est-à-dire un des 1 500 quartiers français les plus pauvres ciblés par le comité interministériel des Villes en 2014. Le taux de pauvreté des familles du secteur était compris entre 16 % et 21,1 % (source INSEE 2015). Ces deux écoles ont été choisies pour des raisons de commodité, elles disposaient du nombre de participants suffisants et se trouvaient à proximité des locaux dans lesquels j'exerce mon activité professionnelle, ce qui m'a permis d'optimiser l'organisation de l'ensemble des phases expérimentales.

Nous avons fait le choix de travailler avec des élèves de cette tranche d'âge car c'est à partir de ce cycle que l'on note une augmentation significative du nombre de traces écrites à mémoriser. C'est souvent la période de la scolarité où les **premières difficultés de mémorisation** apparaissent. Tout du moins, c'est à partir de cette période que les enseignants disent éprouver, pour la plupart, des difficultés à faire mémoriser les leçons à leurs élèves.

Avant de participer à l'étude, **les représentants légaux** des participants mineurs ont été informés des objectifs et du déroulement des expérimentations. La confidentialité des données leur a été assurée au travers d'un formulaire de consentement éclairé (annexe III). Seuls les élèves dont les représentants légaux avaient signé le formulaire ont pu participer à l'étude. Nous nous sommes assurés que les représentants légaux avaient eu le temps de lire et de comprendre le formulaire.

4.2. Stimuli

Les stimuli utilisés étaient constitués de **plusieurs centaines de photographies colorées**. Ces photographies étaient porteuses de sens (animaux, objets, paysage, fruits et légumes) ou non (images fractales). 200 images ont été utilisées lors de la phase d'apprentissage. Durant la phase de reconnaissance, 160 images précédemment observées ont été utilisées avec 160 distracteurs. La nature ainsi que la répartition de ces images sont détaillées dans le paragraphe suivant (*4.3.1 Les variables indépendantes intra-sujets*).

4.3. Plan expérimental

Le plan expérimental mis en œuvre dans cette étude était un plan factoriel mixte composé de trois **variables indépendantes intra-sujets** (la nature des images, la durée et le nombre d'expositions des images) et d'une **variable indépendante inter-sujets** (le délai entre la phase d'apprentissage et la phase de reconnaissance).

4.3.1 Les variables indépendantes intra-sujets

4.3.1.1 Variable condition : les images *Meaningful* et *Meaningless*

Trois conditions différentes ont été utilisées pour tester la mémorisation des images : la condition *Meaningful* (images porteuses de sens et conceptuellement différentes), la condition *New-OldGist* (images porteuses de sens, conceptuellement identiques mais visuellement différentes) et la condition *Meaningless* (images non porteuses de sens *a priori*).

Les **images *Meaningful*** représentaient des fruits et des légumes, des outils, des animaux, des paysages ou des objets du quotidien (Figure 28). Elles appartenait à des catégories de niveau de base différentes¹⁰. Elles ont été choisies afin de pouvoir être étiquetées rapidement en utilisant un nom simple (par exemple, un chien, une cerise, une plage). Ces images étaient identiques dans

¹⁰ Différents auteurs défendent l'idée que les catégories d'objets naturels sont organisées hiérarchiquement : le sommet est occupé par un niveau supra-ordonné, abstrait (par exemple : fruit), suivi d'un niveau de base (par exemple : pomme) lui-même divisé par un niveau subordonné (par exemple : golden).

la tâche d'apprentissage et dans la tâche de reconnaissance. Elles permettaient de vérifier si la mémorisation était meilleure lorsque les élèves avaient accès au concept (prédiction 1).



Figure 28. Exemples d'images Meaningful utilisées lors de la tâche d'apprentissage et de reconnaissance.

Dans le cas des images *New Old Gist*, les images présentées lors de la tâche d'apprentissage et durant la tâche de reconnaissance étaient différentes. Elles étaient conceptuellement identiques mais visuellement différentes des images présentées durant la phase d'apprentissage (Figure 29). Dans l'exemple ci-dessous, les sujets ont observé les images des colonnes de gauche lors de la phase d'apprentissage et nous leur avons soumis les images des colonnes de droite lors de la phase de reconnaissance. Ceci nous a permis de tester la fidélité de la mémorisation (prédiction 5). En effet, si un sujet indiquait qu'il avait déjà vu ces images, il avait mémorisé le concept contenu dans l'image et non ses caractéristiques visuelles (couleur, formes, orientation).

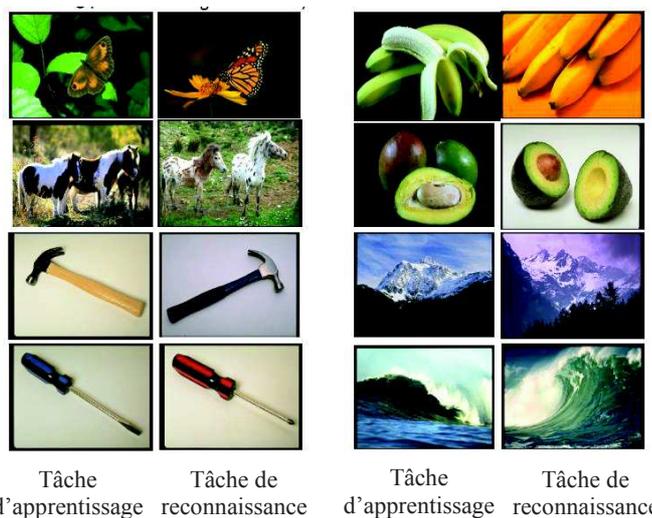


Figure 29. Les colonnes de gauche représentent les images présentées lors de la tâche d'apprentissage. Les colonnes de droite représentent les images présentées lors de la tâche de reconnaissance. Ces images sont conceptuellement identiques mais visuellement différentes.

Afin d'éviter que la catégorie de base des images n'influence les résultats, **quatre groupes ont été constitués**. Entre chaque groupe, le temps d'exposition et le nombre de répétitions variaient pour la même image. Par exemple la même image a été présentée :

- Une fois à 120 ms dans le groupe 1 et ses caractéristiques sont différentes dans la phase de reconnaissance (*New Old Gist*),
- Deux fois à 1 920 ms dans le groupe 2 et ses caractéristiques sont différentes dans la phase de reconnaissance (*New Old Gist*),
- Une fois à 120 ms dans le groupe 3 et elle est identique dans la phase de reconnaissance,
- Deux fois à 1 920 ms dans le groupe 4 et elle est identique dans la phase de reconnaissance.

Une ANOVA à mesures répétées a montré qu'il n'y avait pas d'effet significatif de la catégorie des images (animaux, objets, fruits, légumes, paysage) sur les performances de détection des sujets ($F(3,117) = 1.015, p = .388$).

Enfin, les images non porteuses de sens *a priori*, *Meaningless*, représentaient des agencements de tâches de couleurs (Figure 30). Elles étaient, de par leur nature, difficilement étiquetables et permettaient de vérifier si le stockage s'effectuait de manière analogique (prédiction 3).

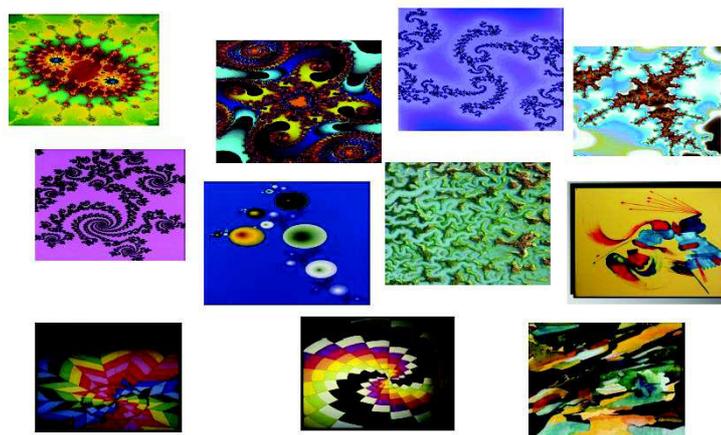


Figure 30. Exemples d'images *Meaningless* utilisées lors de la tâche d'apprentissage et de reconnaissance.

4.3.1.2 Variable durée : la durée d'exposition

Lors de la phase d'apprentissage, **la moitié des images *Meaningful* et la moitié des images *Meaningless* ont été vues durant 120 ms**. Nous avons choisi ce premier temps d'exposition car la durée du mécanisme d'identification d'une cible visuelle est d'environ 100 ms (Potter, 2012). De plus, comme le rappelle Bacon-Macé (2006) dans sa thèse, Kirchner et Thorpe (2006) ont démontré que des sujets étaient capables de fournir des réponses oculaires en moins de 130 ms (premières réponses significatives à 120 ms). Dans leur expérience deux images sont flashées simultanément de part et d'autre d'un point de fixation. Le sujet doit alors orienter son regard vers l'image contenant une catégorie cible, par exemple un animal (paradigme du choix forcé). Les deux chercheurs ont observé que dès 120 ms les traitements sensoriels, décisionnels et moteurs avaient pu être effectués.

L'autre moitié des images a été vues durant 1 920 ms (16 fois plus de temps). En effet, bien que Brady et al (2009) aient démontré qu'il fallait un temps suffisant de trois secondes pour coder l'ensemble des détails d'un objet, nous pensions que seules deux secondes pourraient suffire. Notre hypothèse est basée sur les résultats obtenues par Goujon (2015) qui a testé différents temps d'exposition (120 ms, 240 ms, 480 ms, 960 ms, 1920 ms et 3840 ms) et a démontré que 1920 ms étaient suffisantes pour créer un souvenir durant 3 semaines (taux de reconnaissance > 70 %).

Ces deux temps différents d'exposition nous ont permis de vérifier une partie de la prédiction (4).

Afin de contrôler le temps d'exposition aux images, nous avons utilisé un masquage rétrograde pour **deux raisons** :

- Pour stopper le traitement visuel lors des différentes expositions (masquage perceptuel).
- Dans le but d'éviter le phénomène de clignement attentionnel en augmentant le temps entre deux stimuli. En effet, les expériences de Raymond et al. (1992) ont montré que l'identification d'une cible dans une séquence RSVP était suivie d'une période caractéristique relativement longue (plusieurs centaines de millisecondes) pendant laquelle le traitement visuel était déficitaire. Ces derniers ont suggéré que ce caractère déficitaire du traitement visuel durant cette période est dû à un déficit attentionnel.

4.3.1.3 Variable répétition : le nombre de présentations

Pour tester l'influence du nombre d'expositions lors de la phase d'apprentissage, la moitié des images *Meaningful* et la moitié des images *Meaningless* ont été **exposées une seule fois**. **L'autre moitié des images a été exposée deux fois**. Nous avons ainsi pu vérifier la seconde partie de la prédiction (4).

4.3.2 La variable indépendante inter-sujets

Il s'agissait de **la variable « délai »** qui correspondait à l'intervalle de temps entre la phase d'apprentissage et la phase de reconnaissance. Nous avons choisi de tester les participants **immédiatement** après la phase d'apprentissage et **le jour suivant** afin d'observer la nature des souvenirs créée juste après ou peu de temps après une phase d'exposition. Pour observer l'évolution de ces traces au cours du temps, nous avons testé les sujets après **3 semaines** et après **6 semaines**.

4.3.3 Représentation du plan expérimental sous forme de tableau

Pour résumer, le plan expérimental peut être représenté sous la forme du tableau suivant :

| | | Variables intra-sujets | | | | |
|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|-------------|---|---|
| | | Délais | Conditions | Expositions | Durées | Nombre de sujets |
| Variables inter-sujets | Immédiat | <i>Meaningful</i> | 1 | 120 ms | 12 sujets G1 : 1 à 3 G2 : 4 à 6 G3 : 7 à 9 G4 : 10 à 12 | |
| | | | | 1 920 ms | | |
| | | | 2 | 120 ms | | |
| | | | | 1 920 ms | | |
| | | | New-OldGist | 1 | | 120 ms |
| | | | | | | 1 920 ms |
| | | 2 | | 120 ms | | |
| | | | | 1 920 ms | | |
| | | <i>Meaningless</i> | | 1 | | 120 ms |
| | | | | | | 1 920 ms |
| | | | 2 | 120 ms | | |
| | | | | 1 920 ms | | |
| | 1 jour | | <i>Meaningful</i> | 1 | 120 ms | 12 sujets G1 : 13 à 15 G2 : 16 à 18 G3 : 19 à 21 G4 : 21 à 23 |
| | | | | | 1 920 ms | |
| | | 2 | | 120 ms | | |
| | | | | 1 920 ms | | |
| | | New-OldGist | | 1 | 120 ms | |
| | | | | | 1 920 ms | |
| | | | 2 | 120 ms | | |
| | | | | 1 920 ms | | |
| | | | <i>Meaningless</i> | 1 | 120 ms | |
| | | | | | 1 920 ms | |
| | | 2 | | 120 ms | | |
| | | | | 1 920 ms | | |
| 3 semaines | <i>Meaningful</i> | 1 | | 120 ms | 12 sujets G1 : 24 à 27 G2 : 28 à 31 G3 : 32 à 33 G4 : 34 à 35 | |
| | | | | 1 920 ms | | |
| | | 2 | 120 ms | | | |
| | | | 1 920 ms | | | |
| | | New-OldGist | 1 | 120 ms | | |
| | | | | 1 920 ms | | |
| | 2 | | 120 ms | | | |
| | | | 1 920 ms | | | |
| | <i>Meaningless</i> | | 1 | 120 ms | | |
| | | | | 1 920 ms | | |
| | | 2 | 120 ms | | | |
| | | | 1 920 ms | | | |
| 6 semaines | | <i>Meaningful</i> | 1 | 120 ms | 12 sujets G1 : 36 à 38 G2 : 39 à 41 G3 : 42 à 45 G4 : 46 à 48 | |
| | | | | 1 920 ms | | |
| | 2 | | 120 ms | | | |
| | | | 1 920 ms | | | |
| | New-OldGist | | 1 | 120 ms | | |
| | | | | 1 920 ms | | |
| | | 2 | 120 ms | | | |
| | | | 1 920 ms | | | |
| | | <i>Meaningless</i> | 1 | 120 ms | | |
| | | | | 1 920 ms | | |
| | 2 | | 120 ms | | | |
| | | | 1 920 ms | | | |

En raison de perturbations lors d'une phase de tests, les participants de la semaine 3 n'ont pas été équitablement répartis dans l'ensemble des quatre groupes. Il y avait donc 4 élèves dans les groupes 1 et 2 et seulement 2 élèves dans les groupes 3 et 4.

4.4. Procédure

L'expérience comportait deux tâches : **une tâche d'apprentissage suivie d'une tâche de reconnaissance.**

4.4.1. Tâche d'apprentissage

Lors de la première partie du test, les participants ont été soumis à une phase d'apprentissage. Chaque sujet a été informé qu'il devait tenter de mémoriser les images le mieux possible. L'expérience commençait par les instructions, suivies d'un bloc d'entraînement, composé de 10 essais pour familiariser les participants avec la procédure expérimentale. Immédiatement après, les participants réalisaient la tâche expérimentale de recherche composée des 20 blocs de 10 essais (Figure 31).

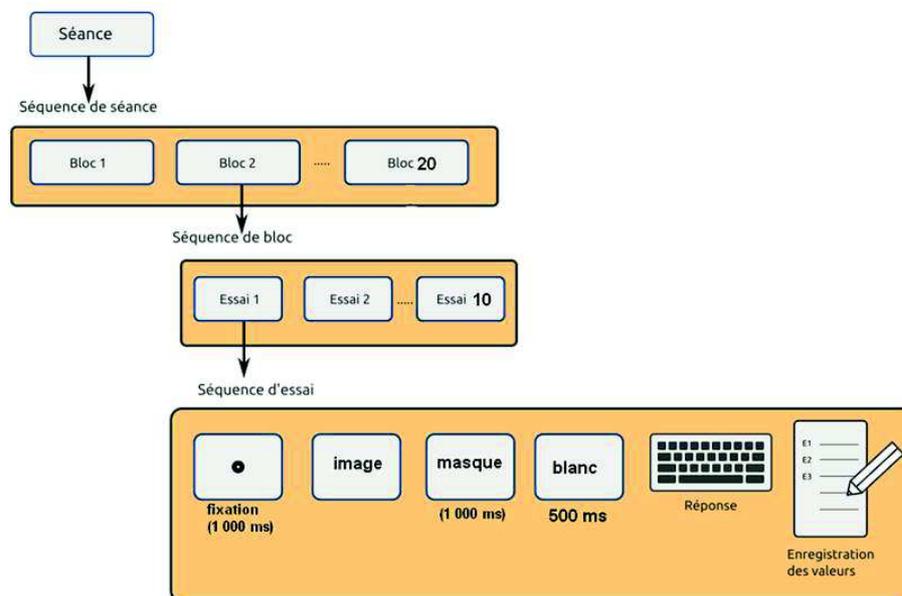


Figure 31. La séquence est composée de 30 blocs de 10 images chacun. Entre chaque bloc les participants peuvent effectuer une pause s'ils en ressentent le besoin. La phase d'apprentissage dure en moyenne entre 25 et 30 minutes.

Au sein d'un bloc, les 10 essais étaient présentés de façon aléatoire. Ils appuyaient sur un bouton pour commencer le premier bloc d'essais et pouvaient réaliser une pause entre chaque bloc. Chaque essai était composé d'une séquence identique (Figure 32).

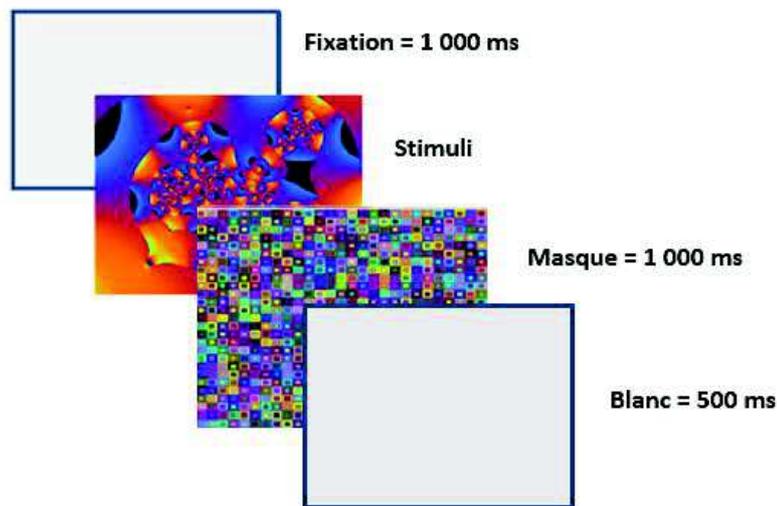


Figure 32. La séquence se compose de la manière suivante : un point de fixation (1 000 ms), l'exposition à l'image (120 ms ou 1 920 ms), un masque (1 000 ms) et pour terminer un blanc (500 ms).

Chaque sujet devait observer **200 images** :

- **80 images *Meaningful*** (20 images exposées une fois à 120 ms, 20 images exposées une fois à 1920 ms, 20 images exposées deux fois à 120 ms et 20 images exposées deux fois à 1920 ms). Ce qui correspondait à 120 stimuli.
- **40 images *New Old Gist*** (10 images exposées une fois à 120 ms, 10 images exposées une fois à 1920 ms, 10 images exposées deux fois à 120 ms et 10 images exposées deux fois à 1920 ms). Ce qui correspondait à 60 stimuli.
- **80 images *Meaningless*** (20 images exposées une fois à 120 ms, 20 images exposées une fois à 1920 ms, 20 images exposées deux fois à 120 ms et 20 images exposées deux fois à 1920 ms). Ce qui correspondait à 120 stimuli.

Au total les participants ont été soumis à **300 stimuli**.

Nous avons utilisé un nombre d'images qui soit à la fois suffisant pour tester la fidélité et la capacité de la MVLT (partie 3.2.1) mais pas excessif pour que la tâche puisse être réalisée dans

des conditions de temps raisonnable pour des élèves de cet âge (entre 20 et 40 min en fonction du nombre de pauses réalisées).

Lors de la séquence, les participants devaient **détecter les répétitions** en appuyant sur la barre d'espace du clavier. S'il s'avérait que l'image était effectivement vue pour la deuxième fois le sujet entendait un bip (chaque sujet était muni d'un casque audio). La détection de ces répétitions permettait de **conserver l'attention** des participants tout au long du test.

4.4.2. Tâche de reconnaissance

Dans la seconde partie du test, les participants ont réalisé une phase de reconnaissance. Ils devaient indiquer s'ils avaient déjà vu ou non les images qui leur étaient présentées. La tâche était composée de 32 blocs de 10 essais chacun (Figure 33). Entre chaque bloc, les sujets pouvaient réaliser une pause.

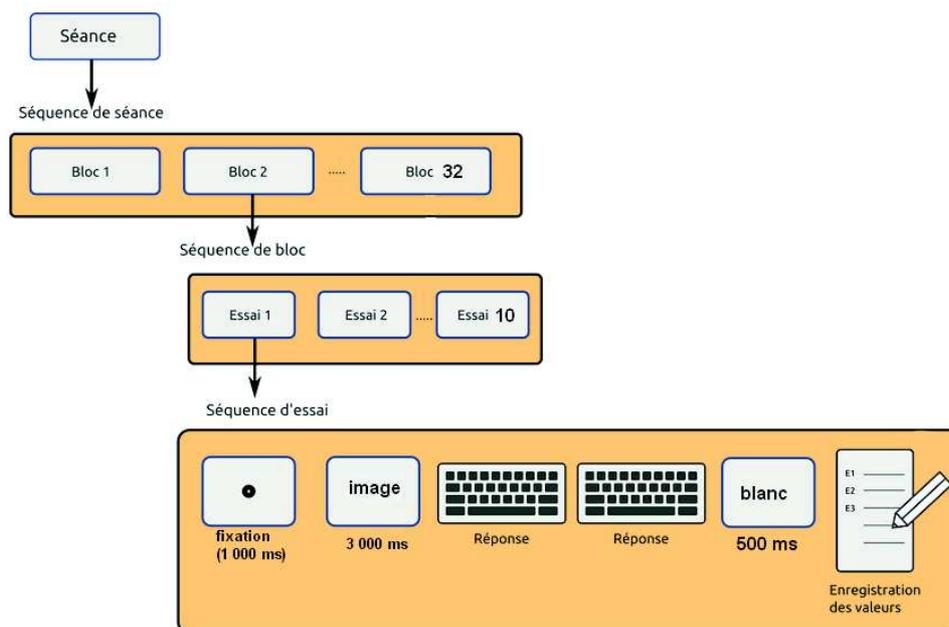


Figure 33. La séquence est composée de 32 blocs de 10 images chacun. Entre chaque bloc les participants peuvent effectuer une pause s'il en ressent le besoin. La phase d'apprentissage dure en moyenne entre 40 et 45 minutes.

Chaque essai est composé d'une séquence identique (Figure 34).

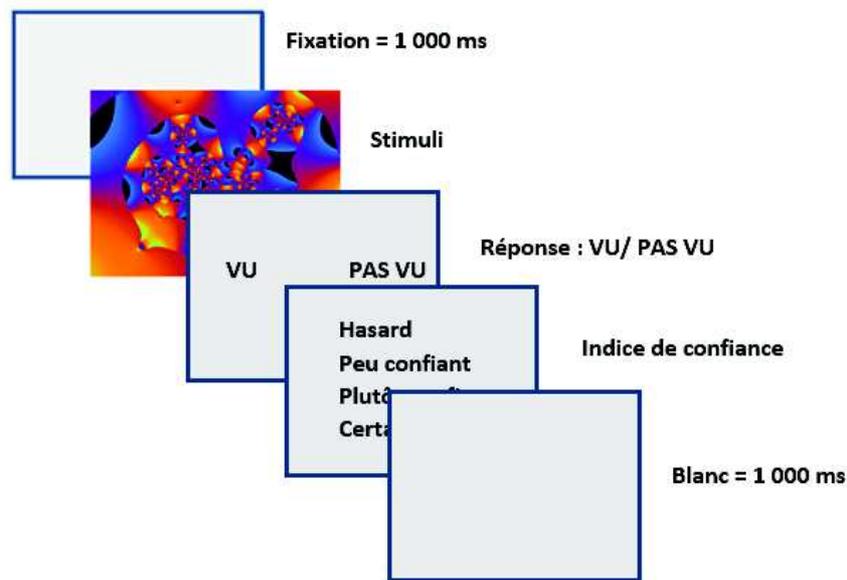


Figure 34. La séquence se compose de la manière suivante : un point de fixation (1 000 ms), l'exposition à l'image (3 000 ms), un écran pour indiquer sa réponse (VU/PAS VU), un écran pour indiquer son niveau de confiance¹¹ (hasard, peu confiant, plutôt confiant, certain) et pour terminer un blanc (1 000 ms).

Les participants ont été soumis à **320 images** :

- **80 images *Meaningful*** présentées durant la phase d'apprentissage (20 exposées une fois à 120 ms, 20 exposées une fois à 1920 ms, 20 exposées deux fois à 120 ms et 20 exposées deux fois à 1920 ms)
- **80 nouvelles images *Meaningful***
 - 40 appartenant à une nouvelle catégorie de base (new)
 - **40 New OldGist** (10 exposées une fois à 120 ms, 10 exposées une fois à 1920 ms, 10 exposées deux fois à 120 ms et 10 exposées deux fois à 1920 ms)
- **80 images *Meaningless*** présentées durant la phase d'apprentissage (20 exposées une fois à 120 ms, 20 exposées une fois à 1920 ms, 20 exposées deux fois à 120 ms et 20 exposées deux fois à 1920 ms)
- **80 nouvelles images *Meaningless***

Au total, les participants ont été soumis à **320 stimuli**.

¹¹ Les données collectées concernant les réponses fournies aux indices de confiance n'ont pas fait l'objet d'une analyse dans ce mémoire.

4.5. Dispositif expérimental

L'expérience a été programmée à l'aide de la version 3.1.4 du logiciel OpenSesame¹² (Mathôt, Schreij et Theeuwes, 2011).

Lors de la phase d'apprentissage et de la phase de reconnaissance, chaque sujet était assis confortablement face à un écran d'ordinateur et disposait d'un clavier pour réaliser les différentes tâches. **Chaque touche à utiliser sur le clavier était indiquée avec une étiquette**, afin d'éviter les erreurs de frappe (Figure 35). Chaque sujet était muni d'un **casque audio** qui lui permettait d'entendre le signal sonore (bip) lors de détections correctes de répétitions (Figure 36).



Figure 35. Clavier permettant de répondre aux consignes. Chaque touche à utiliser est indiquée par une étiquette.



Figure 36. Casque utilisé lors de la phase d'apprentissage permettant d'entendre les signaux sonores indiquant la détection d'une répétition. (REF : HD-2020HP-1K, LOT : 09/05/2156)

La consigne était passée oralement avant le début de l'expérience (pour chacune des phases). Un exemple était réalisé avec les participants afin de nous assurer de la bonne compréhension de la consigne. Les images utilisées lors de l'exemple étaient différentes de celles utilisées lors des phases de test.

Dans la première école, les tests ont été réalisés dans **la salle informatique** (Figure 37). Dans la seconde école les élèves ont été testés dans **la bibliothèque** où était installé le matériel informatique nécessaire (Figure 38). Les conditions de passation des tests n'ont pas toujours été idéales. En effet, les salles dans lesquelles se sont déroulées les expériences sont attenantes à des salles de classes, **les conditions d'isolement** et notamment de silence n'ont donc pas toujours été optimum (sonnerie, chants, ...).

¹² OpenSesame est un logiciel libre qui génère des expériences graphiques.



Figure 37. Passation des tests dans la salle informatique.



Figure 38. Passation des tests dans la bibliothèque.

4.6. Recueil et calcul des données

Lors des deux phases, chaque frappe sur le clavier a été enregistrée et les données ont été recueillies sous format CSV (comma-separated values) et analysées dans un tableur (Excel).

Grâce à la théorie de la détection du signal ou TDS (Banks, 1970), il est possible, à partir des données brutes obtenues, de mesurer la capacité perceptive du sujet. La mesure de la sensibilité est alors déterminée par le calcul $zH - zFA$, où H est le taux de réponses Hits (réponses correctes sur les cibles) et FA le taux de False Alarms. En effet, la TDS est un paradigme qui a pour but de caractériser et de quantifier la décision d'un observateur grâce au calcul de l'indice de discriminabilité (d') indiquant la capacité perceptive du sujet lors d'une tâche de détection. Cet indice a été complété par un autre indice non paramétriques A' (Pollack, 1970 ; Grier 1971).

L'indice de discriminabilité A' est calculé grâce aux formules suivantes (Stanislaw et Todorov, 1999) :

$$\text{Si } H > FA ; A' = 0,5 + [(H-FA) * (1 + H-FA)] / (4H(1-FA))$$

$$\text{Si } H = FA ; A' = 0,5$$

$$\text{Si } H < FA ; A' = 0,5 + [(FA-H) * (1 + FA-H)] / (4FA(1-H))$$

L'indice de discriminabilité (A') a été calculé pour l'ensemble des variables testées et pour chacun des participants. Plus sa valeur est élevée plus la cible est facilement détectée. Ce sont ces données qui seront présentées et analysées dans les parties résultats et discussion.

CHAPITRE V : Résultats

L'ensemble des données obtenues ont été analysées statistiquement avec le logiciel Statistica 13 de la société StatSoft et les graphiques ont été réalisés avec le logiciel de tableur Excel 2016 de la société Microsoft.

Dans un premier temps sont présentés les résultats de la phase d'apprentissage puis, dans un second temps, les résultats de la phase de reconnaissance.

Pour faciliter la lecture des résultats, nous avons utilisé les codages suivants :

| Variable « condition » | Variable « répétition » | Variable « durée » | Codages utilisés |
|----------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------|
| Images <i>Meaningful</i> | 1 exposition | 120 ms | <i>Meaningful_1E_120</i> |
| | | 1 920 ms | <i>Meaningful_1E_1920</i> |
| | 2 expositions | 120 ms | <i>Meaningful_2E_120</i> |
| | | 1 920 ms | <i>Meaningful_2E_1920</i> |
| Images <i>Meaningless</i> | 1 exposition | 120 ms | <i>Meaningless_1E_120</i> |
| | | 1 920 ms | <i>Meaningless_1E_1920</i> |
| | 2 expositions | 120 ms | <i>Meaningless_2E_120</i> |
| | | 1 920 ms | <i>Meaningless_2E_1920</i> |
| Images <i>New Old Gist</i> | 1 exposition | 120 ms | <i>NewOldGist_1E_120</i> |
| | | 1 920 ms | <i>NewOldGist_1E_1920</i> |
| | 2 expositions | 120 ms | <i>NewOldGist_2E_120</i> |
| | | 1 920 ms | <i>NewOldGist_2E_1920</i> |

Pour rappel, la variable « **délai** » correspondait à l'intervalle de temps entre la phase d'apprentissage et la phase de reconnaissance (immédiat, 1 jour, 3 semaines ou 6 semaines).

5.1. Phase d'apprentissage

Les moyennes des **indices de discriminabilité (A')**, c'est-à-dire le taux de détection des répétitions lors de la phase d'apprentissage, sont représentées sur la Figure 39. Les moyennes sont présentées en fonction de la nature et de la durée d'exposition des images (l'ensemble des moyennes des hits et des fausses alarmes obtenus pour la phase d'apprentissage sont présentés en Annexe 4).

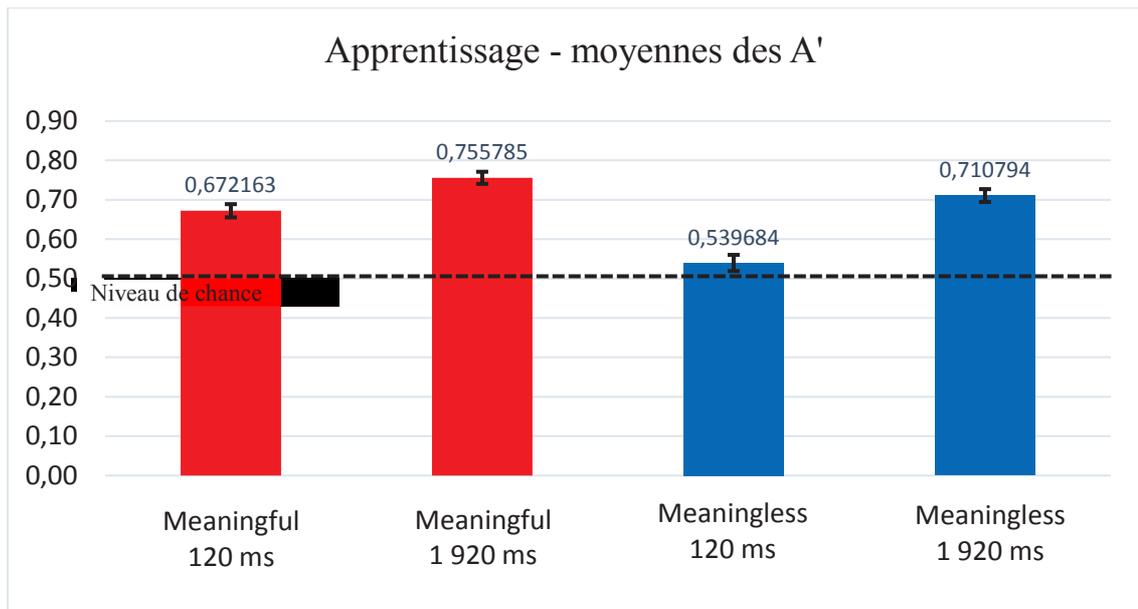


Figure 39. Graphique représentant la moyenne des indices de discriminabilité (A') en fonction de la nature et de la durée d'exposition des images lors de la phase d'apprentissage.

Les répétitions d'images Meaningful_2E_1920 sont les mieux détectées ($M = 0,78$), ensuite on trouve les images Meaningless_2E_1920 ($M = 0,73$) puis les images Meaningful_2E_120 ($M = 0,68$) et pour terminer les images Meaningless_2E_120 ($M = 0,5$), ces dernières étant proches du niveau chance.

L'ANOVA à mesures répétées montre un effet significatif des variables [**condition**, $F(1,47)=65,092$, $p<.001$] et [**durée**, $F(1,47)=73,321$, $p<.001$] avec un effet d'interaction, [**condition*durée**, $F(1,47)=10,090$, $p<.01$]. Cela tend à démontrer que les répétitions d'images *Meaningful* étaient mieux détectées et ce, d'autant plus pour les durées d'exposition les plus longues (1920 ms vs. 120ms). Une seule exposition à 120 ms pour les images *Meaningless* n'a pas semblé suffisante, les données obtenues étant proches du niveau de chance. Ces résultats sont en accord avec la littérature et nos prédictions, **l'accès au concept permet une meilleure détection et une plus grande durée d'exposition améliore la détection des répétitions**. Il faut cependant noter que ce sont les images *Meaningless* qui ont le plus bénéficié de l'augmentation du temps d'exposition (Figure 40).

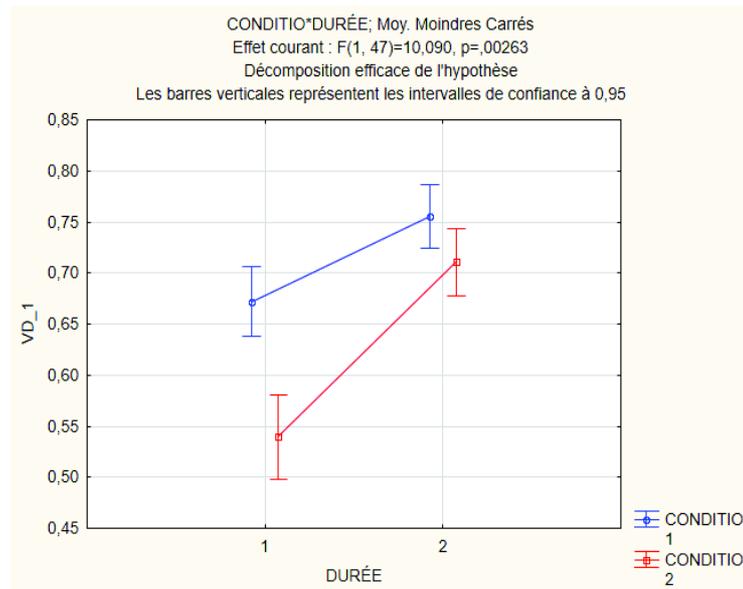


Figure 40. Graphique représentant les interactions entre les variables « condition » et « durée » pour les images *Meaningful* (condition 1) et *Meaningless* (condition 2) lors de la phase d'apprentissage. La durée 1 représente 120 ms et la durée 2, 1920 ms.

5.2. Phase de reconnaissance

Dans cette partie, nous avons traité statistiquement l'ensemble des données obtenues lors de la phase de reconnaissance.

Nous avons, dans un premier temps, analysé les résultats obtenus pour les images *Meaningful* et *Meaningless* de manière globale, puis de manière séparée les A' pour les présentations brèves et pour les présentations longues. Dans un second temps, les résultats obtenus pour les images *New Old Gist* ont été comparés à ceux des images *Meaningful*.

5.2.1 Comparaison des images *Meaningful* et des images *Meaningless*

Les résultats de la tâche de reconnaissance pour les images *Meaningful* et *Meaningless* sont présentés Figure 41 et 42 sur lesquelles sont représentées les moyennes des A' (l'ensemble des moyennes des hits et fausses alarmes pour les images *Meaningful* et *Meaningless* lors des phases de reconnaissance sont présentés en Annexe 5).

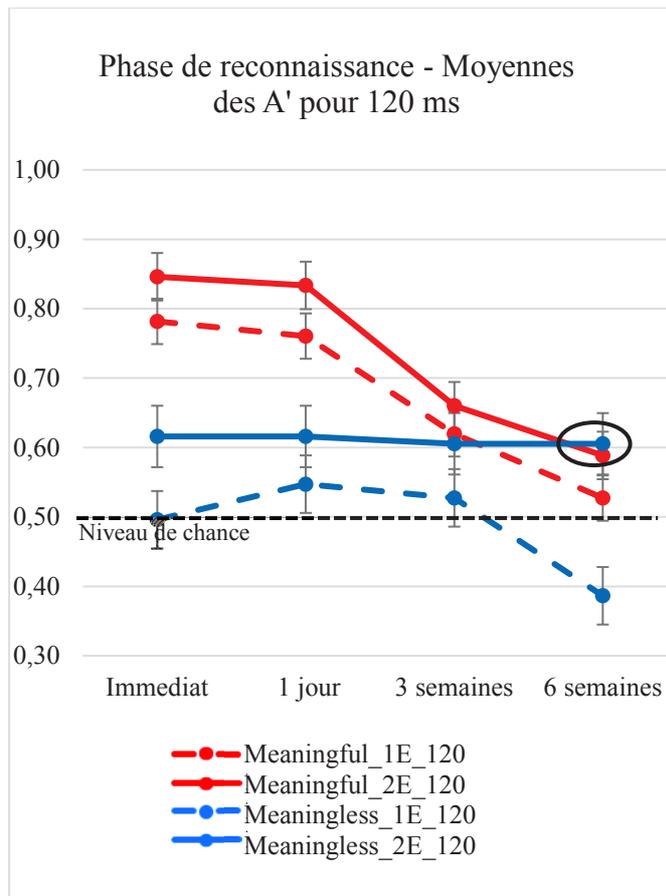


Figure 41. Représentations graphiques des moyennes des A' calculées pour les images Meaningful et Meaningless lors de la reconnaissance immédiate, à un jour, à trois semaines et à six semaines pour une exposition de 120 ms.

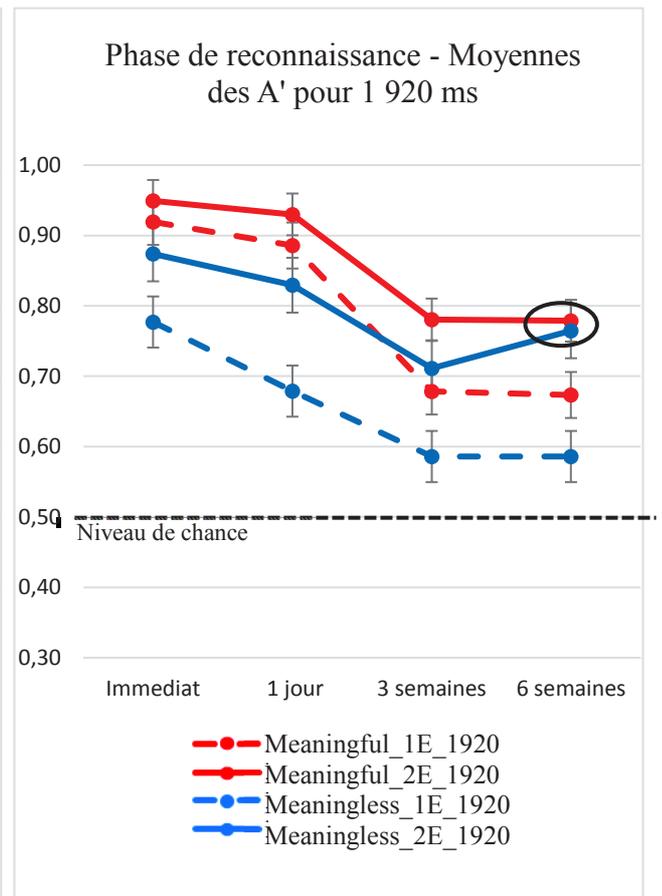


Figure 42. Représentations graphiques des moyennes des A' calculées pour les images Meaningful et Meaningless lors de la reconnaissance immédiate, à un jour, à trois semaines et à six semaines pour une exposition de 1 920 ms.

Afin de tester la mémoire des participants, nous avons conduit une ANOVA mixte avec les variables intra-sujets : nombre de présentations (1 vs. 2), condition (*Meaningless* vs. *Meaningful*) et durée d'exposition (120 vs. 1920 ms) et avec la variable inter-sujets : délai (immédiat vs. 1 jour vs 3 semaines vs. 6 semaines).

Cette analyse montre un effet principal de chaque facteur : [**condition**, $F(1,44)=141,81$, $p<.001$] ; [**répétition**, $F(1,44)=119,064$, $p<.001$] ; [**durée**, $F(1,44)=125,216$, $p<.001$] et [**délai**, $F(3,44)=13,353$, $p<.001$]. Les effets simples sont conformes à nos prédictions. En effet, nous observons que les images *Meaningful* ont été davantage mémorisées que les images *Meaningless*. De plus, **un effet bénéfique de l'augmentation du nombre de présentations et de la durée**

d'exposition est mis en évidence. Par ailleurs, les résultats montrent que les souvenirs des deux types d'images se sont dégradées au fil des semaines.

L'analyse montre un effet d'interaction entre les variables [**condition*répétition**, $F(1,44)=8,363, p<.01$] et [**condition*durée**, $F(1,44)=10,421, p<.005$]. L'augmentation du nombre de présentations et du temps d'exposition est bénéfique pour les images qu'elles aient du sens ou non. Toutefois, les résultats montrent que, si les images *Meaningful* ont été mieux mémorisées que les images *Meaningless*, **ces dernières ont davantage bénéficié des deux présentations** (Figure 43) et de l'augmentation de la durée d'exposition (Figure 44).

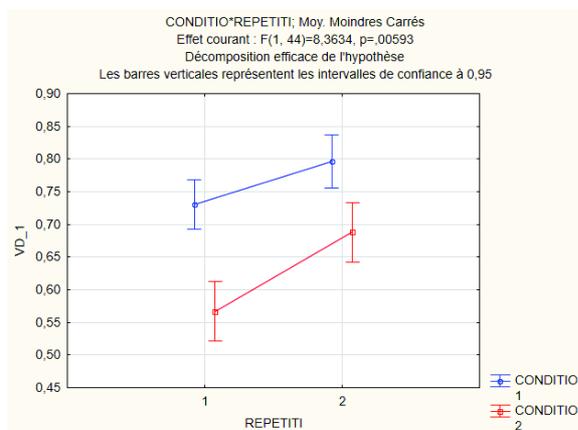


Figure 43. Graphique représentant les interactions entre les variables « condition » et « répétition » pour les images *Meaningful* (condition 1) et *Meaningless* (condition 2) lors de la phase de reconnaissance.

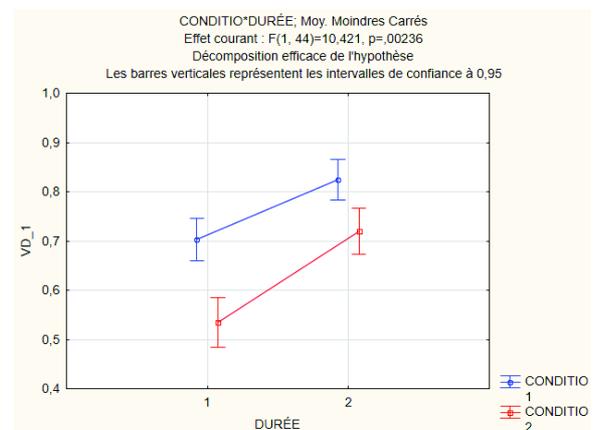


Figure 44. Graphique représentant les interactions entre les variables « condition » et « durée » pour les images *Meaningful* (condition 1) et *Meaningless* (condition 2) lors de la phase de reconnaissance. La durée 1 représente 120 ms et la durée 2, 1920 ms.

L'ANOVA révèle également une interaction entre les variables [**condition*délai**, $F(3,44)=6,325, p<.005$] et [**répétition*délai**, $F(3,44)=2,927, p<.05$]. Ces résultats révèlent que les souvenirs, pour les deux types d'images, se sont désagrégés au fil des semaines mais qu'une deuxième exposition a retardé l'oubli. Cependant, contrairement à la littérature et à notre troisième prédiction, **l'oubli a été globalement moins important pour les images *Meaningless*** que pour les images *Meaningful* (Figure 45).

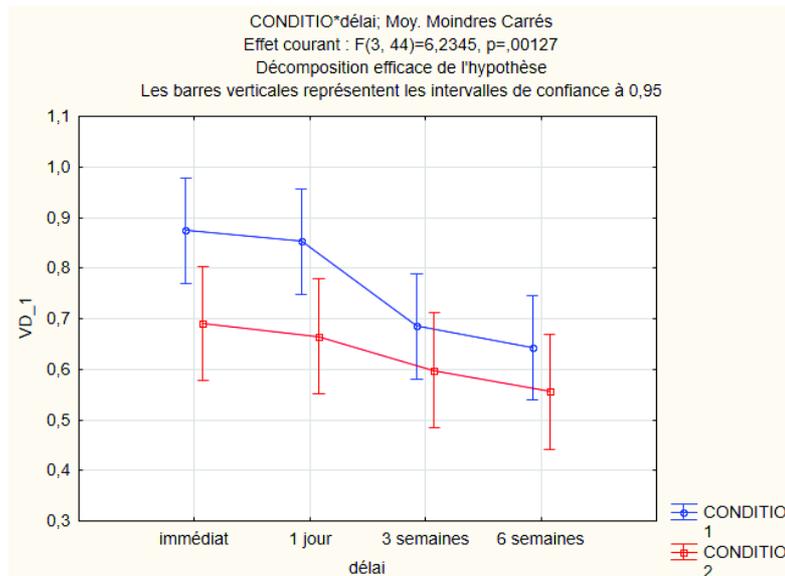


Figure 45. Graphique représentant les interactions entre les variables « condition » et « délai » pour les images *Meaningful* (condition 1) et *Meaningless* (condition 2) lors de la phase de reconnaissance immédiate, à 1 jour, à 3 semaines et à 6 semaines.

Les résultats montrent une interaction marginalement significative entre les variables [durée*délai, $F(3,44)=2,548, p=.067$], ainsi qu'entre les variables [répétition*durée, $F(1,44)=3,838, p=.053$].

En revanche, l'analyse n'indique pas d'interaction entre les variables [condition*répétition*délai, $F(3,44)=1,069, p=.372$] ; [condition*durée*délai, $F(3,44)=2,675, p=.154$] ; [répétition*durée*délai, $F(3,44)=1,735, p=.173$] ; [condition*répétition*durée, $F(1,44)=1,555, p=.218$] et [condition*répétition*durée*délai, $F<1$].

5.2.1.1. Durées d'exposition brèves (120 ms)

Les résultats de la tâche de reconnaissance pour les images *Meaningful* et *Meaningless* exposées durant 120 ms ont été présentés précédemment (Figure 41). Un test post-hoc de Fisher a été réalisé pour comparer les différentes combinaisons de variables entre elles.

Tout d'abord nous observons que pour les temps de présentations brèves (120 ms), **un effet important du facteur condition** est relevé quand les sujets ont été testés immédiatement ou un jour après la phase d'apprentissage.

De manière intéressante, aucune différence significative entre les images *Meaningful* testées immédiatement et celles testées à un jour n'est observée, et ce pour l'ensemble des conditions (tous, $p > .776$). C'est également le cas pour les images *Meaningless* (tous, $p > .491$). Ces résultats démontrent qu'il n'y a **pas de dégradation de la mémoire le lendemain** de la phase d'apprentissage.

Par ailleurs, contrairement à ce que prédisait la littérature (Potter, 2012), une présentation de **120 ms est ici suffisante** pour retenir en mémoire jusqu'à six semaines des images sans signification. Toutefois, deux présentations semblent nécessaires pour observer un effet. Enfin, que les images soient signifiantes ou non, **toutes tendent à disparaître** au fil des semaines. En revanche, aucune différence significative entre les images *Meaningless* testées immédiatement, après à un jour, après trois semaines ou bien après six semaines n'est mise en évidence (tous, $p > .225$). Ainsi, **les souvenirs des images *Meaningless* exposées deux fois à 120 ms ont été plus résistants à l'oubli**. De ce fait, après six semaines, il n'y a plus de différence significative entre les *Meaningful_2E_120* et les *Meaningless_2E_120* ($p = .191$) (Figure 41, cercle noir).

5.2.1.2. Durées d'exposition longues (1920 ms)

Les moyennes des A' obtenus lors de la tâche de reconnaissance, pour les images *Meaningful* et *Meaningless* exposées durant 1 920 ms, ont été présentées précédemment (Figure 42). Un test post-hoc de Fisher a été réalisé pour comparer deux à deux chaque condition entre elles.

En premier lieu, il est à noter que l'augmentation de la durée d'exposition **permet une meilleure mémorisation**, et ce pour les deux types d'images. En revanche, lorsque que les sujets sont testés immédiatement ou après un jour, **l'effet du facteur condition est moins important** que pour des expositions brèves, car les images *Meaningless* ont été plus sensibles à l'augmentation du temps d'exposition.

Ensuite, comme pour les expositions brèves, nous n'observons **pas de dégradation de la mémoire le lendemain** de la phase d'apprentissage. À partir de trois semaines, que les images soient signifiantes ou non, les résultats montrent une dégradation sensible des performances. Cependant, aucune différence significative n'est mise en évidence entre les images *Meaningful*

testées après trois et six semaines, et ceci pour l'ensemble des conditions (tous, $p > .947$). Les mêmes résultats sont observés pour les images *Meaningless* (tous, $p > .475$). Ainsi, l'augmentation du temps d'exposition a retardé l'oubli car **aucune dégradation de la mémoire n'est observée entre trois semaines et six semaines** après la phase d'apprentissage.

De plus, contrairement aux expositions brèves, **une seule exposition a suffi** pour mettre en mémoire des images sans signification jusqu'à six semaines.

Enfin, comme pour expositions brèves, lorsque la mémoire est testée après six semaines, aucune différence significative entre les images *Meaningful_2E_1920* et les images *Meaningless_2E_1920* ($p = .708$) n'est mise en évidence (Figure 42, cercles noirs). **La mémorisation des images Meaningless étant plus résistante**, le bénéfice de l'étiquetage sémantique disparaît au fil des semaines.

5.2.2. Comparaison des images Meaningful et des images New Old Gist

Les résultats de la tâche de reconnaissance pour les images *Meaningful* et *New Old Gist* sont présentés Figure 46 et 47, sur lesquelles sont représentées les moyennes des hits et des fausses alarmes (l'ensemble des moyennes des A' pour les images *Meaningful* et *New Old Gist* lors des phases de reconnaissance sont présentés en Annexe 6).

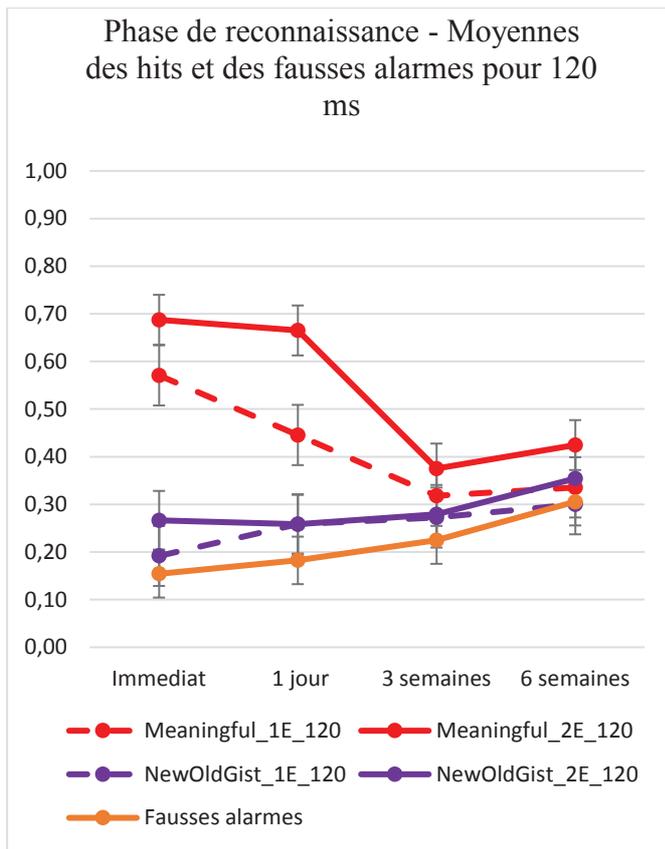


Figure 46. Représentations graphiques des moyennes des hits mesurés pour les images *Meaningful* et *NewOldGist* lors de la reconnaissance immédiate, à un jour, à trois semaines et à six semaines pour une exposition de 120 ms.

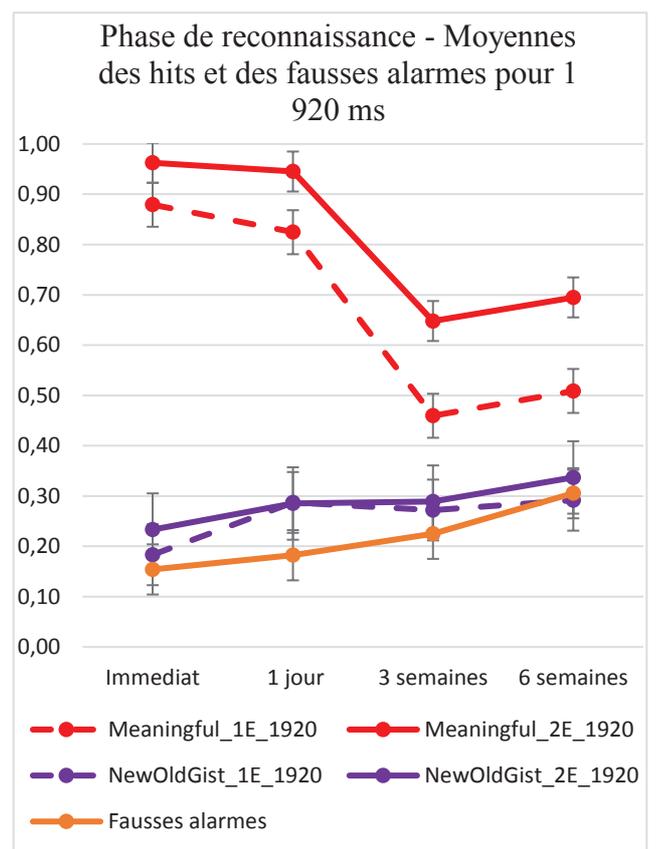


Figure 47. Représentations graphiques des moyennes des hits mesurés pour les images *Meaningful* et *NewOldGist* lors de la reconnaissance immédiate, à un jour, à trois semaines et à six semaines pour une exposition de 1920 ms.

Grâce à un test de comparaison multiples (Student), nous constatons que les **hits mesurés pour les images *Meaningful* étaient, significativement, plus élevés** que les fausses alarmes mesurées dans les conditions respectives (tous $p < .001$), à l'exception des conditions suivantes : [Meaningful_1E_120, 6 semaines, $p = .505$] et [Meaningful_2E_120, 6 semaines, $p = .077$], pour cette dernière condition l'absence de supériorité est marginalement fiable.

Les hits mesurés pour les **images *Meaningless* étaient significativement plus élevés** que les fausses alarmes dans toutes les conditions (tous $p < .05$), à l'exception des conditions [Meaningless_1E_120, tous délais, $p = .30$, $p = .37$, $p = .90$, $p = .014$ (fausses alarmes > hits)], [Meaningless_2E_120, 3 semaines, $p = .155$] et [Meaningless_1E_1920, 6 semaines, $p = .419$]. Dans deux conditions la supériorité des hits par rapport aux fausses alarmes était marginalement fiable : [Meaningless_2E_120, 1 jour, $p = .060$] et [Meaningless_2E_120, 6 semaines, $p = .084$].

Le test de Student a également été mené pour comparer les hits mesurés pour **les images New Old Gist** et les fausses alarmes de la condition *Meaningful*. **L'ensemble des hits n'était pas significativement supérieur aux fausses alarmes** pour ce type d'images (tous $>.10$), à l'exception des conditions [NewOldGist_2E_120, immédiat, $p<.05$] et [NewOldGist_1E_1920, 1 jour, $p<.05$]. On peut également noter une supériorité marginalement fiable des hits sur les fausses alarmes pour les [NewOldGist_1E_120, 1 jour, $p=.082$], [NewOldGist_2E_120, 1jour, $p=.082$], [NewOldGist_2E_1920, 1 jour, $p=.082$] et [NewOldGist_2E_1920, 3 semaines, $p=.087$].

Ces derniers résultats nous indiquent que les images *New Old Gist* **ne sont statistiquement pas différentes des fausses alarmes**. En d'autres termes, les sujets n'ont pas significativement indiqué, lors de la phase de reconnaissance, que les images *New Old Gist* étaient des images qu'ils avaient vues lors de la phase d'apprentissage. De plus, nous n'observons pas d'augmentation des fausses reconnaissances au fil des semaines, les participants n'ont donc **pas réalisé de confusions entre des images conceptuellement identiques mais visuellement différentes**. Ces résultats sont en contradiction avec la littérature indiquant que seul le concept serait mémorisé (Potter, 2012).

CHAPITRE VI : Discussion

Le but de la présente étude était d'étudier la représentation des images en MVLT et d'observer l'évolution de ces représentations au cours du temps. Plus précisément, en examinant comment les mémoires relatives aux images avec et sans signification ont évolué au cours des semaines, nous avons testé l'hypothèse selon laquelle l'information conceptuelle serait extraite plus rapidement et déterminerait la majeure partie de ce qui resterait en MVLT (Potter, 2012). Nous avons formulé cinq prédictions :

(1) Les images *Meaningful* devaient être mieux mémorisées (théorie double codage, extraction rapide du « *gist* », crochets conceptuels).

(2) La MVLT était supposée avoir une capacité inférieure mais tout de même importante pour stocker les images de type *Meaningless* (stockage analogique, hiérarchie de fragments d'images).

(3) Les souvenirs en MVLT étaient censés s'effacer plus rapidement pour les images *Meaningless* que pour les images *Meaningful* (non association en MCCT).

(4) La mémorisation était supposée s'améliorer avec l'augmentation du temps et du nombre d'expositions. L'effet devrait être plus important pour les images *Meaningful* (répétition élaborative).

(5) Les fausses reconnaissances pour les images *New Old Gist* devaient augmenter au cours des semaines (processus de sémantisation, oubli des éléments non associés en MCCT).

La mémorisation des images *Meaningful* était l'objet de la première prédiction. Pour les expositions courtes (120 ms), les résultats confirment cette prédiction. La reconnaissance est meilleure pour les images *Meaningful* que pour les images *Meaningless* lorsque la mémoire a été évaluée immédiatement ou un jour après l'apprentissage. Cela suggère que, pour de brèves expositions et des délais courts, **l'information sémantique améliore la mémorisation**. Ces résultats sont en accord avec la littérature selon laquelle les concepts sont extraits dès 100 ms (Potter, 2012). De plus, la mémorisation serait améliorée grâce à l'étiquetage sémantique selon le principe du double codage (Paivio, 1986). En revanche, et contrairement à notre prédiction, bien qu'une deuxième exposition ait retardé l'oubli des images *Meaningful*, il semblerait que **deux expositions brèves n'aient pas suffi pas pour conserver les images en mémoire**. En effet, pour des expositions courtes, l'augmentation de la mémoire due à l'information sémantique n'a pas

perduré au-delà de trois semaines. À six semaines, aucune différence significative entre les images *Meaningful* et *Meaningless* n'a été mise en évidence. Ces résultats sont en opposition avec la littérature suggérant que les concepts constituent la majorité de ce qui resterait en MVLT (Potter, 2012).

Lors de durées d'exposition plus longues (**1 920 ms**), contrairement aux expositions courtes, **l'information sémantique augmente moins significativement la mémorisation**, même pour des délais de rappel courts (immédiat, un jour). En effet, les images *Meaningless* ont bénéficié davantage de l'augmentation du temps d'exposition. Enfin, tout comme pour les durées d'expositions courtes il n'y avait plus de différence significative entre les images *Meaningful* et *Meaningless* à six semaines. Une nouvelle fois, ces résultats sont en contradiction avec la littérature.

Le deuxième aspect des résultats concernait la capacité à stocker **des images sans signification**. Nous avons fait la prédiction (2) selon laquelle la MVLT posséderait une capacité inférieure mais tout de même importante pour stocker les images de type *Meaningless*.

Nous avons mis en évidence qu'**une seule exposition à 120 ms n'était pas suffisante** pour générer un souvenir. En revanche, **deux expositions ont produit des résultats**. En effet, la performance est au-dessus du niveau de chance, montrant que 120 ms d'exposition ont été suffisantes pour conserver ce type d'images. Ces résultats sont en opposition avec la littérature suggérant que pour une durée inférieure à 250 ms, seul le concept est retenu en MLT (Potter, 2012).

Lors de temps d'exposition plus longs (**1 920 ms**), **les résultats sont encore meilleurs**. Dans ce cas, **une seule exposition a suffi** à créer une trace mémorielle jusqu'à 6 semaines. À ce délai et pour deux expositions, les performances sont les mêmes pour les images *Meaningless* que pour les images *Meaningful*. Ces résultats confortent les conclusions de Brady et al. (2008) sur la capacité importante de la mémoire visuelle à stocker des détails. Dans leurs travaux, ils indiquaient que trois secondes étaient nécessaires pour mémoriser les détails, il semblerait cependant que **deux secondes suffisent pour une mémorisation de six semaines**.

La troisième prédiction concernait **l'oubli** et plus particulièrement celui des images *Meaningless*. Pour l'ensemble des images testées, qu'elles aient du sens ou non, nous avons observé un oubli au cours de temps, il a cependant été retardé par une double exposition.

Nous pouvons toutefois noter, que les expositions soient brèves ou longues, qu'il n'y a pas de dégradation de la mémoire le lendemain de la phase d'apprentissage. Ces résultats tendent à confirmer **le rôle important que joue le sommeil** dans la consolidation de la mémorisation.

De plus, pour l'ensemble des conditions, une baisse significative de la mémorisation a pu être observée **à trois semaines**, cela pourrait correspondre à **un renouvellement des complexes synaptiques**. Cette baisse a cependant affecté davantage les images *Meaningful* que les images *Meaningless*, surtout si ces dernières ont été exposées deux fois.

Pour les expositions longues, il n'y a **pas de dégradation de la mémoire entre trois et six semaines**. Après la baisse observée à trois semaines, il semble que les souvenirs soient de nouveau consolidés jusqu'à six semaines minimum. À ce délai, il n'y avait plus de bénéfices de l'accès au sens pour les images *Meaningful*, suggérant que l'avantage pour les stimuli significatifs avait disparu au cours du temps. Ces résultats sont en désaccord avec notre prédiction et la littérature qui suggéraient que les éléments non associés à des éléments préexistants en MCCT étaient rapidement oubliés (Potter, 2012). **Il existerait donc un système qui traiterai spécifiquement les informations visuelles, mais qui nécessiterait de plus longues et de plus nombreuses expositions, il serait, cependant, plus résistant à l'oubli.**

La quatrième prédiction concernait l'impact du **temps d'exposition et des répétitions**. Nous avons observé une interaction entre les variables [**conditions*durée**]. En accord avec notre prédiction, **l'augmentation du temps d'exposition a amélioré la mémorisation** pour les deux types d'images, l'effet sur les images *Meaningless* étant plus important. De plus, une interaction entre les variables [**conditions*répétition**] a été constatée, mais dans la direction opposée de ce que prédisait la littérature (Craik et Watkins, 1973). En effet, nous prédisions que les répétitions amélioreraient la mémorisation des images *Meaningful* et, si elles ont retardé l'oubli de ces dernières, **elles ont eu une efficacité plus importante pour la mémorisation des images *Meaningless*.**

La cinquième prédiction était liée **aux fausses reconnaissances** pour les images *New Old Gist*. Contrairement à ce que nous attendions et aux résultats de Potter (2004), **nous n'avons pas observé, pour ce type d'images, d'augmentation des fausses reconnaissances** et ceci quelles que soient les conditions. Ceci nous indique que les images ne sont pas stockées sous formes

conceptuelle pure mais que des éléments d'ordre visuel sont associés aux concepts et conservés en mémoire, et ceci même pour des présentations uniques et des expositions brèves.

La présente étude nous amène à **remettre en question les modèles dominants de MVLT** pour les images, qui supposent que l'information conceptuelle détermine la majeure partie de ce qui reste dans MVLT. Grâce à un codage double, les informations sémantiques et l'étiquetage sémantique ont considérablement amélioré l'encodage et le maintien des représentations, bien que ce ne soit pas ce qui a perduré au fil des semaines. À l'inverse, la MVLT a une forte capacité à stocker les caractéristiques visuelles des images, même indépendamment des caractéristiques conceptuelles. En outre, la mémoire pour l'information visuelle contenue dans les images serait plus résistante à l'oubli que la mémoire pour des informations conceptuelles. Les traitements des informations conceptuelles et visuelles paraissent indépendants. En effet, d'après les résultats, une seule exposition à 120 ms est suffisante pour traiter les informations conceptuelles, en revanche elles se dégradent rapidement. Alors que, les informations visuelles, nécessitant un temps de présentation plus long et des expositions multiples, sont plus résistantes. De plus, les résultats obtenus pour les images *New Old Gist* suggèrent que les informations conceptuelles sont associées à leurs caractéristiques visuelles.

L'apprentissage des images se ferait donc à **différents niveaux de traitement visuel**. Deux types principaux de systèmes de mémoire à long terme peuvent être engagés : **un système de traitement conceptuel et visuel et un système de traitement visuel**.

Le premier système s'appuie sur l'intégration de l'information conceptuelle et visuelle. Des expositions uniques et brèves à un stimulus suffisent à créer des souvenirs qui, cependant, se dégradent rapidement au fil des semaines. Le deuxième système s'appuie sur l'extraction de l'information visuelle. L'information codée par ce système est purement visuelle et non conceptuelle. Ce système exige des expositions plus longues et multiples à un stimulus spécifique pour favoriser la mémorisation. En revanche, l'information stockée est plus résistante à l'oubli. Il reste cependant des questions en suspens, notamment sur les liens que ces systèmes entretiennent avec la MCCT ou le calepin visuo-spatial.

CONCLUSION : apports, limites et perspectives

Les apports de la recherche

À l'origine de cette recherche, il y avait une intuition, basée sur un certain nombre de constatations de professeurs, selon lesquelles le sens donné aux connaissances ne suffirait pas à mémoriser durablement. Nous nous sommes donc interrogés sur les **liens qu'entretiennent la mémorisation et le sens**. Pour explorer ces relations, nous avons étudié comment les mémoires relatives aux images (avec et sans signification) ont évolué au cours des semaines. Nous avons apporté des éléments de réponse à ces questions posées en introduction et développées tout au long de ce mémoire. L'accès au sens, au concept, a effectivement permis une amélioration de la mémorisation pour des délais de rétention courts (jusqu'à un jour). En revanche, il s'est avéré que la mémorisation d'éléments non porteurs de sens, nécessitant plusieurs présentations et un temps d'exposition plus long, était possible et qu'en outre, elle était plus résistante dans le temps (jusqu'à six semaines minimum).

Ces résultats participent à la remise en cause des modèles dominants de MVLT. Reprenant les hypothèses et les résultats obtenus, nous proposons que le traitement des images se réalise à deux niveaux différents. **Un système dans lequel seraient traitées les informations conceptuelles et visuelles (STCV) et un système de traitement des informations visuelles (STV)**. Ils se différencieraient par la durée de stockage de l'information. Dans le STCV, les informations se désagrègeraient plus rapidement que dans le STV. Ils se différencieraient également par la nature des informations traitées. Le STV traiterait les informations visuelles indépendamment des concepts alors que le STCV traiterait les informations conceptuelles. Comme le suggèrent les résultats pour les images conceptuellement identiques mais visuellement différentes, le STCV serait capable d'associer aux concepts leurs caractéristiques visuelles.

Obstacles rencontrés et limites méthodologiques

Il existe des limites à cette étude qu'il convient d'exposer. La première concerne **la collecte des données**. En effet, comme nous l'avons déjà évoqué (4.5 Dispositif expérimentale, page 60) les conditions de passation des tests et notamment la qualité de l'isolement étaient loin d'être

idéales. En revanche, le fait que nous soyons connus de la plupart des élèves et qu'ils effectuent les expérimentations dans leurs écoles respectives a permis de ne pas créer un stress supplémentaire pouvant affecter les résultats.

La seconde limite concerne **le choix des images**. Les images *Meaningless* ont été choisies parmi des images fractales ou des agencements de tâches de couleurs qui ne possèdent donc pas de sens *a priori*. Or, il est impossible de savoir si les sujets n'ont pas associé un concept à certaines de ces images. En effet, certaines pouvaient évoquer des fleurs, un perroquet, etc. Une critique peut également être formulée en direction des images *Meaningful*. Ces images ont été choisies car elles ont été considérées comme facilement étiquetables sémantiquement. Nous n'avons cependant pas vérifié si les élèves étaient effectivement en capacité de le faire. Il est alors possible qu'ils n'aient pas reconnu et donc n'aient pas identifié certains animaux, objets, fruits, légumes et paysages qui leur étaient présentés.

Implications éducatives des constatations

Nous ouvrons notre introduction sur la thématique des devoirs à la maison, et notamment sur le fait qu'exporter hors de la classe l'apprentissage des leçons pouvait être une source d'inégalité entre les élèves. Nous nous demandons alors quels étaient les moyens à mettre en œuvre sur le temps scolaire pour améliorer la mémorisation des élèves. A ce sujet, **des propositions pouvant rendre plus efficaces les pratiques de classe** peuvent découler des résultats de cette recherche.

En premier lieu, il nous paraît essentiel d'aborder la place de **l'oubli**. Il est important de rappeler que l'oubli est naturel (Ebbinghaus, 1885), c'est un processus normal même si les enseignants peuvent être découragés de constater qu'après plusieurs semaines, les élèves ont oublié une grande partie de l'information qu'ils connaissaient. Dans la démarche inductive, pratiquée régulièrement dans les classes, l'oubli joue un rôle sous-estimé et pourtant fondamental. Dans cette démarche, il s'agit en effet de généraliser des règles à partir d'un certain nombre d'exemples particuliers. Comme l'a montré Eustache (2014), la sémantisation et la généralisation ne peuvent se produire sans l'oubli des caractéristiques initiales. L'oubli ne doit donc plus être considéré

comme un ennemi de l'enseignant mais plutôt comme un élément constitutif du processus d'apprentissage et qui lui est de surcroît indispensable. **Avoir conscience qu'oublier est un processus normal et nécessaire est déjà un premier pas vers l'évolution des pratiques.** Donc, plutôt que de se questionner sur la manière d'empêcher l'oubli, il apparaît plus pertinent de chercher comment retarder l'oubli d'éléments jugés essentiels et devant être mémorisés par les élèves. Sur ce point, quelques recommandations peuvent être apportées par nos résultats.

Tout d'abord nous tenions à souligner que **l'importance du sens n'est, dans ce mémoire, pas remise en question.** Nos résultats ont effectivement montré que l'étiquetage sémantique permet une meilleure mémorisation des images *Meaningful*. Néanmoins, comme le rappelle Zaromb, Karpicke et Roediger (2010), le simple fait qu'une phrase ait du sens n'est pas un élément suffisant pour favoriser la mémorisation. Les élèves doivent s'engager dans un effort de compréhension. En effet, Zaromb et al. ont démontré qu'un *effort after meaning* améliorait la mémorisation. À partir de phrases jugées difficiles à comprendre du type : « les notes étaient aigues parce que la couture s'est déchirée », leurs résultats ont montré que la mémorisation était plus efficace quand l'indice permettant de donner du sens à la phrase (indice : cornemuse) n'était pas donné immédiatement, mais après un délai de quelques secondes. Ainsi, en proposant des situations recherche, les enseignants doivent toujours amener leurs élèves à donner du sens aux apprentissages. Mais, pour assurer une meilleure rétention, **les situations proposées doivent être suffisamment complexes**, ce qui oblige les élèves à un surcroît d'engagement et d'effort cognitif (Dehaene, 2014). Nos résultats nuancent cependant l'importance du sens sur la mémorisation à long terme. Les données que nous avons obtenues montrent que le sens permet une amélioration de la mémorisation, mais pour des délais courts, allant jusqu'à un jour. Au-delà, la mémoire des concepts se désagrège progressivement. Comment, alors, retarder l'oubli pour des délais plus longs ? À cette question, nos résultats montrent qu'il y a au moins deux réponses : **la répétition et le double codage de l'information.**

Dès 1985, Loftus avait établi que le sur-apprentissage, dont la répétition, permettait de retarder l'oubli. Nos résultats ne font que confirmer cette thèse pour du matériel visuel. Nous avons néanmoins démontré que les répétitions amélioraient davantage les images purement visuelles que les images contenant un concept. Dans un souci d'améliorer les pratiques pédagogiques, la question

se pose alors de savoir quel est **l'espace optimal des répétitions** favorisant la mémorisation à long terme. Des réponses à ce sujet ont notamment été apportées par Cepeda, Cobum, Rohrer, Wixted, Mozer et Pashler en 2009. Leurs résultats ont montré que la notion d'espace optimal n'existait pas. En effet, **l'espace doit être choisi en fonction de la durée de mémorisation visée**. Dans leur étude, pour une mémorisation à dix jours, les performances étaient meilleures quand la révision avait lieu le lendemain. Pour une mémorisation à six mois, les performances étaient meilleures quand la révision avait lieu après un délai de vingt-huit jours. L'objectif principal de l'école est d'enseigner des savoirs appelés à être mémorisés pour une période prolongée, de l'ordre d'au moins quelques mois à quelques années. Les résultats de Cepeda démontrent qu'un espace de quelques jours ou même quelques semaines ne suffit pas. **Il est donc nécessaire de réviser après un intervalle de quelques mois**. Afin d'améliorer les pratiques de classe, il convient de noter deux éléments essentiels apportés par Cepeda, Vul, Rohrer, Wixted et Pashler (2008) : l'intervalle optimal est de l'ordre de **10 à 20%** du délai de rétention souhaité et on obtient **de moins bons résultats avec un délai trop court plutôt qu'avec un délai trop long**. Pour assurer une mémorisation à long terme, de l'ordre d'au moins une année, les enseignants doivent donc penser des séances de rebrassage espacées d'au moins quelques mois.

Un autre élément essentiel apporté par notre recherche concerne **le double codage**. Nos résultats ont démontré que les informations peuvent être stockées sous forme visuelle pure ou sous forme conceptuelle associée à des éléments visuels. De plus, les données recueillies ont montré que les éléments d'ordre visuel étaient plus résistants à l'oubli. Comme rappelé précédemment, il convient d'encourager les enseignants à continuer à mettre en œuvre une pédagogie constructiviste. Mais, dans un souci d'efficacité, il faut **associer le sens à un support visuel**. Les nouveaux éléments à mémoriser doivent être encodés sous format conceptuel et visuel pour assurer une mémorisation à long terme. Donc, en accord avec les préconisations des programmes scolaires de cycle 3, l'association du sens et d'un support visuel, par exemple au travers de la construction **cartes heuristiques**, permettrait une mémorisation plus durable.

Enfin, il nous paraissait important de rappeler que les styles d'apprentissage ou **intelligences multiples**¹³ (Gardner, 1997), dont l'utilisation dans les classes a été encouragée, ne sont pas fondés sur des recherches rigoureuses (Pashler, 2009 ; Cuevas, 2015, 2016). En effet, les études empiriques menées sur le sujet montrent qu'il existe bien une corrélation entre styles d'enseignement et styles d'apprentissage, mais corrélation ne veut pas dire relation de cause à effet. Les recherches les plus rigoureuses tendent à démontrer qu'il n'y a **pas d'effets de style d'enseignement sur les apprentissages** (Pashler, 2009). Il ne suffit donc pas de présenter une image à un élève qui serait qualifié de *visuel* pour améliorer la mémorisation à long terme.

Pour conclure, si la mémorisation à long terme est déterminée par de nombreux facteurs, nos résultats confirment que les enseignants peuvent **influencer sur sa durée**. En tout premier lieu, les élèves doivent donner du sens à leurs connaissances. Celui-ci doit être associé à un support visuel, il s'agit alors d'assurer un **codage qui soit à la fois conceptuel et visuel**. Afin que les élèves puissent mémoriser sur des délais longs, allant de quelques mois à quelques années, il est nécessaire, dans un second temps, de déterminer **des séances de rebrassage** quelques semaines à quelques mois après l'apprentissage.

¹³ Les intelligences multiples ou les styles d'apprentissage sont définis par le fait qu'un apprenant mémorise plus aisément et plus durablement s'il y a correspondance entre la nature de la transmission de l'information et le style d'apprentissage dudit apprenant. Les apprenants auraient des préférences pour les stimuli visuels, les stimuli auditifs, ou les stimuli kinesthésiques par exemple.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alvarez, G. A., & Cavanagh, P. (2004). The capacity of visual short-term memory is set both by visual information load and by number of objects. *Psychological science*, *15*, 106–111.
- Anderson, J. R., & Bower G. H. (1972). Recognition and retrieval processes in free recall. *Psychological review*, *79*(2), 97-123.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence et J. T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation: Vol 2. Advances in research and theory*. New York : Academic Press.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1971). The control of short-term memory. *Scientific american*, *225*, 82-90.
- Averbach, E., & Coriell, A. S. (1961). Short-Term Memory in Vision. *Bell system technical journal*, *40*, 309-328.
- Awh, E., Barton, B., & Vogel, E. K. (2007). Visual working memory represents a fixed number of items, regardless of complexity. *Psychological science*, *18*, 622–628.
- Bacon-Macé, N. (2006). *Contraintes temporelles des traitements visuels dans une tâche de catégorisation de scènes naturelles*. Thèse de doctorat en neurosciences, sous la direction de Simon Thorpe, Toulouse, Centre de recherche CERveau et COgnition (CerCo), 190 p.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Sciences*, *255*, 556-559.
- Baddeley, A. D. (1993). Verbal and visual subsystems of working memory. *Current biology*, *3*, 563-565.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in cognitive sciences*, *4*(11), 417-423.
- Banks, W. P. (1970). Signal detection theory and human memory. *Psychological bulletin*, *74*(2), 81-89.
- Borts, G., Kosslyn, S. M., & Denis, M. (2006). Different cognitive processes in two image-scanning paradigms. *Memory and cognition*, *34* (3), 475-490.
- Brady, T. F., Konkle T., & Alvarez G. A. (2011). A review of visual memory capacity: Beyond individual items and toward structured representation. *Journal of vision*, *11*(5), 1-34.
- Brady, T. F., Konkle T., Alvarez G. A., & Oliva, A. (2008). Visual long-term memory has a massive storage capacity for object details. *Proceedings of the national academy of sciences, USA*, *105* (38), 14325-14329.

- Brady, T. F., Konkle, T., Oliva, A. & Alvarez, G. A. (2009). Detecting changes in real-world objects: The relationship between visual long-term memory and change blindness. *Communicative and integrative biology*, 2(1), 1-3.
- Broadbent, D. (1958). *Perception and communication*. Londres : Pergamon Press.
- Cepeda, N. J., Coburn, N., Rohrer, D., Wixted, J. T., Mozer, M. C., & Pashler, H. (2009). Optimizing distributed practice: theoretical analysis and practical implications. *Experimental psychology*, 56(4), 236–246.
- Cepeda, N. J., Vul, E., Rohrer, D., Wixted, J. T., & Pashler, H. (2008). Spacing effects in learning: a temporal ridgeline of optimal retention. *Psychological science*, 19(11), 1095–1102.
- Chambers, D., & Reisberg, D. (1985). Can mental images be ambiguous? *Journal of experimental psychology : human perception and performance*, 11(3), 317-328.
- Clark, H. H., & Chase, W. G. (1972). On the process of comparing sentences against picture. *Cognitive psychology*, 3, 472-517.
- Coltheart, M. (1980). Iconic memory and visible persistence. *Perception et psychophysics*, 27, 183-228.
- Craik, F. I. M., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 11, 671-684.
- Craik, F. I. M., & Tulving, E. (1975). Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of experimental psychology : general*, 104, 268-294.
- Craik, F. I. M., & Watkins, M. J. (1973). The Role of Rehearsal in Short-Term Memory. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 12, 599-607.
- Cuevas, J. A. (2015). Is learning styles-based instruction effective? A comprehensive analysis of recent research on learning styles. *Theory and research in education*, 13(3). 308-333.
- Cuevas, J. A. (2016). An analysis of current evidence supporting two alternate learning models: Learning styles and dual coding. *Journal of educational sciences & psychology*, 6(1). 1-13.
- Dehaene, S. (2016). Stanislas Dehaene : « Il faut fonder la pédagogie sur des preuves, non sur des intuitions ». Le Monde science et technologie. Repéré à <https://tinyurl.com/j8o8yo7>.
- Dehaene, S. (2014). Fondements cognitifs des apprentissages scolaires. Cours N° 5 : la mémoire et son optimisation. Repéré à <https://www.college-de-france.fr/site/stanislas-dehaene/course-2014-2015.htm>
- Della Chiesa, B. (2016). Neuroéducation : attention danger ! *Les cahiers pédagogiques*, 527, 26-28.

- Eustache, E., et Desgranges, B. (2008). MNESIS: Towards the Integration of Current Multisystem Models of Memory. *Neuropsychological review*, 18, 53-69.
- Farah, M. J. (1988). Is visual imagery really visual? Overlooked evidence from neuropsychology. *Psychological review*, 95(3), 307-317.
- Finke, R. A., Pinker, S., & Farah, M. J. (1989). Reinterpreting visual patterns in mental imagery. *Cognitive science*, 13, 51-78.
- Fraisse, P. (1969). Why is naming longer than reading, *Ada Psychologica*, in W. G. Koster (Edit.), *Attention and Performance II*, Amsterdam, North- Holland, 96-103.
- Gardner, H. (1997). *Les formes de l'intelligence*. France : Odile Jacob sciences.
- Giboin, A. (1979). Le principe des niveaux de traitement ou principe de profondeur. *L'année psychologique*, 79(2), 623-655.
- Goujon, A. (2015). *Coding of Sensory Memories in Long Term Memory*. Unpublished.
- Grier, J.B. (1971). Nonparametric indexes for sensitivity and bias: computing formulas. *Psychological Bulletin*, 75(6), 424-429.
- Haber, R. N. (1983). The impending demise of the icon: A critique of the concept of iconic storage in visual information processing. *Behavioral and Brain Sciences*, 6, 1-11.
- Hinton, G. E., & Parsons, L. M. (1981). Frames of reference and mental imagery. In J. Long et A. Baddeley (Eds.), *Attention and performance IX* (pp. 261–277). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Intons-Peterson, M. J. (1983). Imagery paradigms: How vulnerable are they to experimenters expectations? *Experimental brain research*, 3, 394-412.
- Jolicoeur, P., & Kosslyn, S. M. (1985b). Is time to scan visual images due to demand characteristics? *Memory et cognition*, 13(4), 320-332.
- Kerr, N. H. (1983). The role of vision imagery experiments: Evidence from the congenitally blind. *Journal of experimental psychology : general*, 112, 265-277.
- Kirchner, H., & Thorpe, S.J. (2006). Ultra-rapid object detection with saccadic eye movements: visual processing speed revisited. *Vision research*, 46, 1762-1776
- Konkle, T., Brady, T. F., Alvarez, G.A. & Oliva, A. (2010). Scene memory is more detailed than you think: the role of categories in visual long-term memory. *Psychological science*, 21(11), 1551-1556.
- Kosslyn, S. M. (1975). Information Representation in Visual Images. *Cognitive psychology*, 7, 341-370.

Kosslyn, S. M. (1994). *Image and brain: the resolution of the imagery debate*. Cambridge, MA : MIT Press, 1-20.

Kosslyn, S. M., Ball, T. M., & Reiser, B. J. (1978). Visual images preserve metric spatial information: Evidence from studies of image scanning. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, 4, 47-60.

Koutstaal, W., Reddy, C., Jackson, E. M., Prince, S., Cendan, D. L., & Schacter, D. L. (2003). False recognition of abstract versus common objects in older and younger adults: Testing the semantic categorization account. *Journal of experimental psychology: learning, memory, and cognition*, 29, 499–510.

Lieury, A. (2012). *Mémoire et réussite scolaire* (4^e éd). Paris, France : Dunod.

Loftus, G. R. (1985). Evaluating forgetting curves. *Journal of experimental psychology: learning, memory, and cognition*, 11(2), 397-406.

Logie, R. H., & Marchetti, C. (1991). Visuo-spatial working memory: visual, spatial or central executive? Dans R.H. Logie, M. Denis (Eds). *Mental images in human cognition b* (1st ed., vol. 80, p. 105-115). Holland : Elsevier Science Publishers.

Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279–281.

Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior research methods*, 44(2), 314-324.

Mellet, E., Tzourio-Mazoyer, N., Crivello, F., & Mazoyer, B. (1996). Functional anatomy of spatial mental imagery generated from verbal instructions. *The journal of neuroscience*, 16, 6504-6512.

Morris, C.D., Bransford, J.D., and Franks, J.J. (1977). Levels of processing versus transfer appropriate processing. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 16, 519-533.

Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. New York: Appleton Century Crofts.

Paivio, A., & Csapo, K. (1969) Concrete image and verbal memory codes, *Journal of experimental psychology*, 80, 279-285.

Paivio, A. (1986). *Mental representations: a dual coding approach*. Oxford, England: Oxford University Press.

Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2009). Learning styles: Concepts and evidence. *Psychological science in the public Interest*, 9, 105-119.

Pollack, I. (1970). A non parametric procedure for evaluation of true and false positives. *Behavior research methods et instrumentation*, 2(4), 155-156.

Potter, M. C., Staub, A., & O'Connor, D. H. (2004). Pictorial and conceptual representation of glimpsed pictures. *Journal of experimental psychology : human perception et performance*. 30, 478-489.

Potter, M.C. (1993). Very short-term conceptual memory. *Memory et cognition*, 21(2), 156-161.

Potter, M.C. (2012). Conceptual short term memory in perception and thought. *Frontiers in psychology, perception science*, 113(3), 1-11.

Pylyshyn, Z. W. (1973). What the mind's tells the mind's brain: a critique of mental imagery. *Psychological bulletin*, 80(1), 1-24.

Pylyshyn, Z. W. (1981). The imagery debate: Analogue media versus tacit knowledge. *Psychological review*, 88, 16-45.

Raymond, J.E., Shapiro, K.L., & Arnell, K.M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: an attentional blink? *Journal of experimental psychology human perception and performance*, 18(3), 849-860.

Reed, S. (1974). Strucural descriptions and the limitations of visual images. *Memory et cognition*, 2(2), 329-336.

Roland, P. E., & Friberg, L. (1985). Localization of cortical areas activated by thinking. *Journal of neurophysiology*, 53, 1219-1243.

Shepard, R.N. (1967). Recognition memory for words, sentences, and pictures. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 6(1), 156-163.

Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental Rotation of Three-Dimensional Objects. *Sciences*, 171(3972), 701-703.

Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological monographs : general and applied*, 74, 1-28.

Standing, L. (1973). Learning 10000 pictures. *Quarterly journal of experimental psychology*, 25(2), 207-222.

Stanislaw, H., & Todorov, N. (1999). Calculation of signal detection theory measures. *Behavior research methods, instruments, et computers*, 31(1), 137-149.

Tulving, E. (1972). Episodic end semantic memory. In E. Tulving and W. Donaldson (Eds.), *Organization of memory* (p.381-402). New York : Academic Press.

Tulving, E. (1995). Organisation of memory: quo vadis? Dans M.S. Gazzaniga (Ed), *The cognitive neurosciences* (p. 839-847). Cambridge, MA: MIT Press.

- Turvey, M. T. (1973). On peripheral and central processes in vision: inferences from an information-processing analysis of masking with patterned stimuli. *Psychological review*, 80, 1-52
- Ullman, S. (2007). Object recognition and segmentation by a fragment-based hierarchy. *Cognitive science*, 11(2), 58-64.
- Wilken, P., & Ma, W. J. (2004). A detection theory account of change detection. *Journal of vision*, 4(12), 1120–1135.
- Wiseman, S., & Neisser, U. (1974). Perceptual organization as a determinant of visual recognition memory. *American journal of psychology*, 87, 675-681.
- Zaromb, F. M., Karpicke, J. D., & Roediger, H. L. (2010). Comprehension as a basis for metacognitive judgments: effects of effort after meaning on recall and metacognition. *Journal of experimental psychology : learning, memory and cognition*, 36(2), 552–7.

ANNEXES

ANNEXE 1 : extraits du programme d'enseignement du cycle de consolidation (cycle 3), arrêté du 9-11-2015 - J.O. du 24-11-2015.

ANNEXE 2 : âges et sexes des quarante-huit participants à l'étude.

ANNEXE 3 : formulaire de consentement éclairé.

ANNEXE 4 : L'ensemble des moyennes des hits et des fausses alarmes obtenus pour les images *Meaningful* et *Meaningless* lors de la phase d'apprentissage.

ANNEXE 5 : L'ensemble des moyennes des hits et des fausses alarmes obtenus pour les images *Meaningful* et *Meaningless* lors de la phase de reconnaissance.

ANNEXE 6 : L'ensemble des moyennes des A' obtenus pour les images *Meaningful* et *New Old Gist* lors de la phase de reconnaissance.

**ANNEXE 1 : extraits du programme d'enseignement du cycle de consolidation (cycle 3),
arrêté du 9-11-2015 - J.O. du 24-11-2015.**

Langage oral

| <i>Connaissances et compétences associées</i> | Exemples de situations, d'activités et de ressources pour l'élève |
|--|---|
| <p><i>Parler en prenant en compte son auditoire</i> - pour partager un point de vue personnel, des sentiments, des connaissances ; - pour oraliser une œuvre de la littérature orale ou écrite ; - pour tenir un propos élaboré et continu relevant d'un genre de l'oral.</p> <p>[..]</p> | <p>[..]</p> <p>- Utilisation d'oraux et d'écrits de travail (brouillons oraux et écrits, notes, fiches, cartes heuristiques, plans) pour préparer des prises de parole élaborées.</p> <p>[..]</p> |

Lecture et compréhension de l'écrit

| <i>Connaissances et compétences associées</i> | Exemples de situations, d'activités et de ressources pour l'élève |
|---|---|
| <p><i>Comprendre des textes, des documents et des images et les interpréter</i></p> <p>[..]</p> | <p>[..]- Activités variées permettant de manifester sa compréhension des textes : rappel des informations retenues, réponses à des questions, paraphrase, reformulation, titres de paragraphes, représentations diverses (tableau, schéma, dessin, carte heuristique...).</p> <p>[..]</p> |

Écriture

| <i>Connaissances et compétences associées</i> | Exemples de situations, d'activités et de ressources pour l'élève |
|---|--|
| <p><i>Produire des écrits variés en s'appropriant les différentes dimensions de l'activité d'écriture</i></p> <p>[..]</p> | <p>[..]- Activités d'écriture en plusieurs temps, seul ou à plusieurs, en prenant appui sur des écrits de travail (brouillons, notes, dessins, cartes heuristiques, listes), sur des modèles et des textes génératifs.</p> <p>[..]</p> |

Étude de la langue (grammaire, orthographe, lexique)

| <i>Connaissances et compétences associées</i> | Exemples de situations, d'activités et de ressources pour l'élève |
|--|---|
| <p><i>Acquérir la structure, le sens et l'orthographe des mots</i></p> <p>[..]</p> | <p>[..].</p> <p>- Activités d'observation, de manipulation des formes, de classements, d'organisation des savoirs lexicaux (corolles lexicales ou cartes heuristiques, établissement de collections, etc.).</p> <p>[..]</p> |

ANNEXE 2 : âges et sexes des quarante-huit participants à l'étude.

| Date naissance | Sexe | Date apprentissage | Date reconnaissance | âge aprenntissage | | âge reconnaissance | |
|----------------|------|--------------------|---------------------|----------------------------|-------|-----------------------------|-------|
| | | | | ans, mois, jours | ans | ans, mois, jours | ans |
| 11/09/2007 | M | 13/12/2016 | 13/12/2016 | 9 ans, 3 mois et 2 jours | 9,26 | 9 ans, 3 mois et 2 jours | 9,26 |
| 19/07/2007 | F | 13/12/2016 | 13/12/2016 | 9 ans, 4 mois et 24 jours | 9,41 | 9 ans, 4 mois et 24 jours | 9,41 |
| 15/08/2007 | F | 30/01/2017 | 30/01/2017 | 9 ans, 5 mois et 15 jours | 9,47 | 9 ans, 5 mois et 15 jours | 9,47 |
| 14/04/2007 | F | 13/12/2016 | 13/12/2016 | 9 ans, 7 mois et 29 jours | 9,67 | 9 ans, 7 mois et 29 jours | 9,67 |
| 23/05/2007 | M | 30/01/2017 | 30/01/2017 | 9 ans, 8 mois et 7 jours | 9,70 | 9 ans, 8 mois et 7 jours | 9,70 |
| 01/03/2007 | F | 30/01/2017 | 30/01/2017 | 9 ans, 10 mois et 29 jours | 9,93 | 9 ans, 10 mois et 29 jours | 9,93 |
| 30/06/2006 | F | 30/09/2016 | 30/09/2016 | 10 ans, 3 mois et 0 jour | 10,26 | 10 ans, 3 mois et 0 jour | 10,26 |
| 06/11/2007 | M | 13/12/2016 | 13/12/2016 | 9 ans, 1 mois et 7 jours | 9,11 | 9 ans, 1 mois et 7 jours | 9,11 |
| 13/05/2007 | F | 30/01/2017 | 30/01/2017 | 9 ans, 8 mois et 17 jours | 9,73 | 9 ans, 8 mois et 17 jours | 9,73 |
| 26/02/2007 | M | 30/09/2016 | 30/09/2016 | 9 ans, 7 mois et 4 jours | 9,60 | 9 ans, 7 mois et 4 jours | 9,60 |
| 24/09/2007 | F | 13/12/2016 | 13/12/2016 | 9 ans, 2 mois et 19 jours | 9,23 | 9 ans, 2 mois et 19 jours | 9,23 |
| 07/08/2007 | F | 30/01/2017 | 30/01/2017 | 9 ans, 5 mois et 23 jours | 9,49 | 9 ans, 5 mois et 23 jours | 9,49 |
| 27/08/2006 | F | 09/06/2016 | 10/06/2016 | 9 ans, 9 mois et 13 jours | 9,79 | 9 ans, 9 mois et 14 jours | 9,79 |
| 28/09/2006 | M | 09/06/2016 | 10/06/2016 | 9 ans, 8 mois et 12 jours | 9,70 | 9 ans, 8 mois et 13 jours | 9,71 |
| 07/02/2006 | F | 09/06/2016 | 10/06/2016 | 10 ans, 4 mois et 2 jours | 10,34 | 10 ans, 4 mois et 3 jours | 10,35 |
| 01/05/2006 | F | 09/06/2016 | 10/06/2016 | 10 ans, 1 mois et 8 jours | 10,12 | 10 ans, 1 mois et 9 jours | 10,12 |
| 30/09/2006 | F | 09/06/2016 | 10/06/2016 | 9 ans, 8 mois et 10 jours | 9,70 | 9 ans, 8 mois et 11 jours | 9,70 |
| 23/11/2006 | M | 09/06/2016 | 10/06/2016 | 9 ans, 6 mois et 17 jours | 9,55 | 9 ans, 6 mois et 18 jours | 9,55 |
| 11/10/2006 | M | 09/06/2016 | 10/06/2016 | 9 ans, 7 mois et 29 jours | 9,67 | 9 ans, 7 mois et 30 jours | 9,67 |
| 01/06/2006 | M | 09/06/2016 | 10/06/2016 | 10 ans, 0 mois et 8 jours | 10,03 | 10 ans, 0 mois et 9 jours | 10,03 |
| 20/06/2007 | F | 13/12/2016 | 14/12/2016 | 9 ans, 5 mois et 23 jours | 9,49 | 9 ans, 5 mois et 24 jours | 9,49 |
| 09/09/2006 | M | 09/06/2016 | 10/06/2016 | 9 ans, 9 mois et 0 jour | 9,76 | 9 ans, 9 mois et 1 jour | 9,76 |
| 17/01/2006 | M | 09/06/2016 | 10/06/2016 | 10 ans, 4 mois et 23 jours | 10,40 | 10 ans, 4 mois et 24 jours | 10,40 |
| 28/07/2007 | F | 13/12/2016 | 14/12/2016 | 9 ans, 4 mois et 15 jours | 9,39 | 9 ans, 4 mois et 16 jours | 9,39 |
| 22/01/2007 | M | 19/10/2016 | 09/11/2016 | 9 ans, 8 mois et 27 jours | 9,75 | 9 ans, 9 mois et 18 jours | 9,81 |
| 21/12/2007 | M | 19/10/2016 | 09/11/2016 | 8 ans, 9 mois et 28 jours | 8,84 | 8 ans, 10 mois et 19 jours | 8,89 |
| 10/07/2007 | M | 13/12/2016 | 03/01/2017 | 9 ans, 5 mois et 3 jours | 9,44 | 9 ans, 5 mois et 24 jours | 9,49 |
| 18/08/2007 | F | 19/10/2016 | 09/11/2016 | 9 ans, 2 mois et 1 jour | 9,18 | 9 ans, 2 mois et 22 jours | 9,24 |
| 05/06/2007 | M | 19/10/2016 | 09/11/2016 | 9 ans, 4 mois et 14 jours | 9,38 | 9 ans, 5 mois et 4 jours | 9,44 |
| 14/12/2007 | M | 13/12/2016 | 03/01/2017 | 8 ans, 11 mois et 29 jours | 9,01 | 9 ans, 0 mois et 20 jours | 9,06 |
| 26/11/2007 | M | 19/10/2016 | 09/11/2016 | 8 ans, 10 mois et 23 jours | 8,90 | 8 ans, 11 mois et 14 jours | 8,96 |
| 03/10/2007 | M | 13/12/2016 | 03/01/2017 | 9 ans, 2 mois et 10 jours | 9,20 | 9 ans, 3 mois et 0 jour | 9,26 |
| 02/03/2007 | F | 19/10/2016 | 09/11/2016 | 9 ans, 7 mois et 17 jours | 9,64 | 9 ans, 8 mois et 7 jours | 9,70 |
| 30/08/2007 | M | 19/10/2016 | 09/11/2016 | 9 ans, 1 mois et 19 jours | 9,15 | 9 ans, 2 mois et 10 jours | 9,20 |
| 26/12/2007 | M | 19/10/2016 | 09/11/2016 | 8 ans, 9 mois et 23 jours | 8,82 | 8 ans, 10 mois et 14 jours | 8,88 |
| 06/03/2007 | M | 19/10/2016 | 09/11/2016 | 9 ans, 7 mois et 13 jours | 9,63 | 9 ans, 8 mois et 3 jours | 9,69 |
| 26/10/2006 | F | 13/10/2016 | 24/11/2016 | 9 ans, 11 mois et 17 jours | 9,97 | 10 ans, 0 mois et 29 jours | 10,09 |
| 10/08/2006 | M | 13/10/2016 | 24/11/2016 | 10 ans, 2 mois et 3 jours | 10,18 | 10 ans, 3 mois et 14 jours | 10,30 |
| 26/01/2006 | F | 13/10/2016 | 24/11/2016 | 10 ans, 8 mois et 17 jours | 10,72 | 10 ans, 9 mois et 29 jours | 10,84 |
| 10/01/2006 | M | 13/10/2016 | 24/11/2016 | 10 ans, 9 mois et 3 jours | 10,76 | 10 ans, 10 mois et 14 jours | 10,88 |
| 17/10/2006 | F | 13/10/2016 | 24/11/2016 | 9 ans, 11 mois et 26 jours | 10,00 | 10 ans, 1 mois et 7 jours | 10,11 |
| 27/11/2007 | F | 19/10/2016 | 30/11/2016 | 8 ans, 10 mois et 22 jours | 8,90 | 9 ans, 0 mois et 3 jours | 9,02 |
| 04/07/2006 | F | 13/10/2016 | 24/11/2016 | 10 ans, 3 mois et 9 jours | 10,28 | 10 ans, 4 mois et 20 jours | 10,40 |
| 25/05/2006 | F | 13/10/2016 | 24/11/2016 | 10 ans, 4 mois et 18 jours | 10,39 | 10 ans, 5 mois et 30 jours | 10,51 |
| 29/06/2007 | M | 19/10/2016 | 30/11/2016 | 9 ans, 3 mois et 20 jours | 9,32 | 9 ans, 5 mois et 1 jour | 9,43 |
| 18/05/2005 | F | 13/10/2016 | 24/11/2016 | 11 ans, 4 mois et 25 jours | 11,41 | 11 ans, 6 mois et 6 jours | 11,53 |
| 02/02/2006 | M | 13/10/2016 | 24/11/2016 | 10 ans, 8 mois et 11 jours | 10,70 | 10 ans, 9 mois et 22 jours | 10,82 |
| 28/11/2007 | M | 19/10/2016 | 30/11/2016 | 8 ans, 10 mois et 21 jours | 8,90 | 9 ans, 0 mois et 2 jours | 9,01 |

Moyenne = 9,69

Moyenne = 9,74

ANNEXE 3 : formulaire de consentement éclairé.

NOTICE D'INFORMATION

Dans le cadre d'un Master recherche encadré par l'école supérieure du professorat et de l'éducation (ESPE) de Besançon et sous la direction d'**Annabelle GOUJON** (maître de conférence en psychologie), nous souhaiterions que votre enfant participe à une recherche sur la mémoire intitulée :

Formation de Souvenirs Sensoriels en Mémoire à Très Long Terme : Apprentissage d'Images Visuellement Complexes et sans Signification

Votre enfant a été sollicité(e) pour participer à cette étude cependant **vous êtes libre d'accepter ou de refuser qu'il/elle participe à cette recherche**. Afin de pouvoir prendre votre décision en toute connaissance de cause, les modalités de cette recherche sont détaillées ci-dessous.

Les investigations seront menées par **Nicolas TRIBOUT** (enseignant).

Cadre général et objectifs de la recherche

Dans cette étude, nous cherchons à déterminer les capacités et les limites de notre cerveau à mémoriser des stimuli visuellement complexes et sans signification *a priori*. Aucun bénéfice individuel direct n'est à retirer de votre participation à cette étude. Cette expérience se déroulera en deux phases : **une phase d'apprentissage** suivie d'**une phase test**, ce qui impliquera deux visites en classe.

Déroulement de la recherche, durée de participation et méthodes

Après obtention de votre consentement éclairé, des visites seront organisées sur le temps scolaire à l'école de votre enfant pour la phase test, puis pour la session d'apprentissage (entre 1 jour et 6 semaines après la première phase).

→ Phase d'apprentissage (environ 30 min)

La recherche aura lieu à l'école de votre enfant sur le temps scolaire. Il/Elle sera assis confortablement face à un écran d'ordinateur. La tâche à réaliser consiste à regarder des images visuellement complexes mais sans signification *a priori* (comme de la neige sur un écran, ou des fractales). Il/elle devra ensuite répondre à une consigne simple à l'aide d'un bouton réponse : détecter les images répétées, mémoriser les stimuli. Il/elle pourra faire une pause de la longueur qu'il/elle souhaite entre les séries de stimuli présentés.

→ Visites de test (environ 45 min)

Les visites réalisées au cours de la phase test se dérouleront de la même manière que lors de la visite d'apprentissage. Votre enfant sera assis confortablement devant un écran. De la même manière que lors de la visite d'apprentissage, il lui sera alors demandé de répondre à une consigne simple et de répondre le plus précisément après l'apparition d'un stimulus visuel à l'écran.

Droit de refus et de retrait de consentement

Vous avez le droit de refuser de participer à cette recherche, ou de retirer votre consentement et d'interrompre votre participation à tout moment sans encourir aucune responsabilité, ni aucun préjudice de ce fait.

Confidentialité des données

Toute information recueillie concernant votre enfant pendant cette étude sera traitée de façon confidentielle. Seuls les responsables de l'étude pourront avoir accès à ces données. Les personnes ayant un accès direct aux données source prendront toutes les précautions nécessaires en vue d'assurer de la confidentialité des informations, notamment en ce qui concerne votre identité ainsi que les résultats obtenus. La publication des résultats de l'étude ne comportera aucun résultat individuel permettant votre identification.

Conformément aux dispositions de la loi relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification de ces données. Vous disposez également d'un droit d'opposition à la transmission des données couvertes par le secret professionnel susceptibles d'être utilisées dans le cadre de cette recherche et d'être traitées.

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Je soussigné(e) (*nom du(des) responsable(s) légal(aux)*)

déclare accepter que mon enfant (*prénom et nom de l'enfant*)

participe à la recherche sur la mémoire intitulée :

Formation de Souvenirs Sensoriels en Mémoire à Très Long Terme : Apprentissage d'Images Visuellement Complexes et sans Signification

Cette recherche est organisée dans la cadre d'un Master recherche encadré par l'école supérieure du professorat et de l'éducation (ESPE) de Besançon et sous la direction **d'Annabelle GOUJON** (maître de conférence en psychologie). Les investigations seront menées par **Nicolas TRIBOUT** (enseignant).

J'ai lu la notice d'information qui m'a été remise.

Il m'a été précisé que :

- Je suis libre d'accepter ou de refuser ainsi que d'arrêter à tout moment ma participation.
- Les données qui me concernent resteront strictement confidentielles. Je n'autorise leur consultation que par des personnes qui collaborent avec Nicolas Tribout.
- Je pourrai à tout moment demander des informations et être tenu au courant des résultats globaux de la recherche à Nicolas TRIBOUT (nicolas.tribout@univ-fcomte.fr)
- Je pourrai exercer mon droit d'accès, de rectification ou d'opposition.
- La publication des résultats de la recherche ne comportera aucun résultat individuel identifiant.
- Mon consentement ne décharge pas les organisateurs de la recherche de leurs responsabilités.

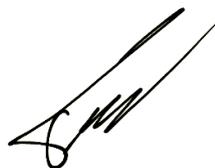
Fait à

le

Signature(s) du(des) responsable(s) légal(aux),
Précédée(s) de la mention : lu et approuvé

Fait à Luxeuil
le 16 septembre 2016

Nicolas TRIBOUT



ANNEXE 4 : L'ensemble des moyennes des hits et des fausses alarmes obtenus pour les images *Meaningful* et *Meaningless* lors de la phase d'apprentissage.

CONDITIO*REPETITI*DURÉE*délai; Moy. Moindres Carrés (STAT apprentissage)
Effet courant : F(0, 47)=--, p= --Décomposition efficace de l'hypothèse

| | DELAI | CONDITION | REPETITION | DUREE | VD_1 | VD_1 | VD_1 | VD_1 | N |
|-----------------|----------|-------------|---------------|---------|----------|----------|----------|----------|----|
| | | | | | Moy. | Err-Type | -95,00% | +95,00% | |
| fausses alarmes | immédiat | Meaningfull | 1 exposition | 120 ms | 0,195833 | 0,032686 | 0,130077 | 0,261589 | 48 |
| | immédiat | Meaningfull | 1 exposition | 1920 ms | 0,226389 | 0,031975 | 0,162063 | 0,290715 | 48 |
| | immédiat | Meaningfull | 2 expositions | 120 ms | 0,336806 | 0,030401 | 0,275648 | 0,397964 | 48 |
| | immédiat | Meaningfull | 2 expositions | 1920 ms | 0,543750 | 0,018081 | 0,507375 | 0,580125 | 48 |
| fausses alarmes | immédiat | Meaningless | 1 exposition | 120 ms | 0,201042 | 0,036874 | 0,126861 | 0,275222 | 48 |
| | immédiat | Meaningless | 1 exposition | 1920 ms | 0,239583 | 0,035197 | 0,168776 | 0,31039 | 48 |
| | immédiat | Meaningless | 2 expositions | 120 ms | 0,216667 | 0,032636 | 0,151011 | 0,282322 | 48 |
| | immédiat | Meaningless | 2 expositions | 1920 ms | 0,460417 | 0,027870 | 0,404350 | 0,516483 | 48 |

ANNEXE 5 : L'ensemble des moyennes des hits et des fausses alarmes obtenus pour les images Meaningful et Meaningless lors de la phase de reconnaissance.

CONDITIO*REPETITI*DUREE*délai; Moy. Moindres Carrés (STAT reconnaissance Hits)
Effet courant : F(6, 88)=1,1495, p=,34079. Décomposition efficace de l'hypothèse

| DELAJ | CONDITION | REPETITION | DUREE | VD_1 | VD_1 | VD_1 | VD_1 | N |
|------------|----------------------|---------------|---------|----------|----------|----------|----------|----|
| | | | | Moy. | Err-Type | -95,00% | +95,00% | |
| immédiat | Meaningfull | 1 exposition | 120 ms | 0,570833 | 0,063258 | 0,443345 | 0,698322 | 12 |
| immédiat | Meaningfull | 1 exposition | 1920 ms | 0,879167 | 0,043759 | 0,790976 | 0,967357 | 12 |
| immédiat | Meaningfull | 2 expositions | 120 ms | 0,687500 | 0,052430 | 0,581833 | 0,793167 | 12 |
| immédiat | Meaningfull | 2 expositions | 1920 ms | 0,962500 | 0,039740 | 0,882409 | 1,042591 | 12 |
| immédiat | Meaningfull_hits_New | | | 0,154167 | 0,049878 | 0,053644 | 0,254690 | 12 |
| immédiat | Meaningless | 1 exposition | 120 ms | 0,229167 | 0,050319 | 0,127756 | 0,330577 | 12 |
| immédiat | Meaningless | 1 exposition | 1920 ms | 0,550000 | 0,053810 | 0,441553 | 0,658447 | 12 |
| immédiat | Meaningless | 2 expositions | 120 ms | 0,333333 | 0,068175 | 0,195935 | 0,470732 | 12 |
| immédiat | Meaningless | 2 expositions | 1920 ms | 0,787500 | 0,061829 | 0,662892 | 0,912108 | 12 |
| immédiat | Meaningless_hits_New | | | 0,186537 | 0,054652 | 0,076393 | 0,296682 | 12 |
| 1 jour | Meaningfull | 1 exposition | 120 ms | 0,445614 | 0,063258 | 0,318125 | 0,573103 | 12 |
| 1 jour | Meaningfull | 1 exposition | 1920 ms | 0,824561 | 0,043759 | 0,736371 | 0,912752 | 12 |
| 1 jour | Meaningfull | 2 expositions | 120 ms | 0,665132 | 0,052430 | 0,559465 | 0,770798 | 12 |
| 1 jour | Meaningfull | 2 expositions | 1920 ms | 0,945175 | 0,039740 | 0,865085 | 1,025266 | 12 |
| 1 jour | Meaningfull_hits_New | | | 0,182320 | 0,049878 | 0,081797 | 0,282843 | 12 |
| 1 jour | Meaningless | 1 exposition | 120 ms | 0,239035 | 0,050319 | 0,137625 | 0,340445 | 12 |
| 1 jour | Meaningless | 1 exposition | 1920 ms | 0,379825 | 0,053810 | 0,271378 | 0,488272 | 12 |
| 1 jour | Meaningless | 2 expositions | 120 ms | 0,324342 | 0,068175 | 0,186944 | 0,461740 | 12 |
| 1 jour | Meaningless | 2 expositions | 1920 ms | 0,708553 | 0,061829 | 0,583944 | 0,833161 | 12 |
| 1 jour | Meaningless_hits_New | | | 0,212001 | 0,054652 | 0,101857 | 0,322146 | 12 |
| 3 semaines | Meaningfull | 1 exposition | 120 ms | 0,317982 | 0,063258 | 0,190494 | 0,445471 | 12 |
| 3 semaines | Meaningfull | 1 exposition | 1920 ms | 0,459623 | 0,043759 | 0,371433 | 0,547814 | 12 |
| 3 semaines | Meaningfull | 2 expositions | 120 ms | 0,375219 | 0,052430 | 0,269553 | 0,480886 | 12 |
| 3 semaines | Meaningfull | 2 expositions | 1920 ms | 0,648026 | 0,039740 | 0,567935 | 0,728117 | 12 |
| 3 semaines | Meaningfull_hits_New | | | 0,224971 | 0,049878 | 0,124448 | 0,325494 | 12 |
| 3 semaines | Meaningless | 1 exposition | 120 ms | 0,155507 | 0,050319 | 0,054097 | 0,256917 | 12 |
| 3 semaines | Meaningless | 2 exposition | 1920 ms | 0,210770 | 0,053810 | 0,102323 | 0,319217 | 12 |
| 3 semaines | Meaningless | 2 expositions | 120 ms | 0,200439 | 0,068175 | 0,063040 | 0,337837 | 12 |
| 3 semaines | Meaningless | 2 expositions | 1920 ms | 0,423465 | 0,061829 | 0,298857 | 0,548073 | 12 |
| 3 semaines | Meaningless_hits_New | | | 0,156566 | 0,054652 | 0,046422 | 0,266710 | 12 |
| 6 semaines | Meaningfull | 1 exposition | 120 ms | 0,335648 | 0,063258 | 0,208159 | 0,463137 | 12 |
| 6 semaines | Meaningfull | 1 exposition | 1920 ms | 0,508991 | 0,043759 | 0,420801 | 0,597182 | 12 |
| 6 semaines | Meaningfull | 2 expositions | 120 ms | 0,424488 | 0,052430 | 0,318822 | 0,530155 | 12 |
| 6 semaines | Meaningfull | 2 expositions | 1920 ms | 0,694956 | 0,039740 | 0,614865 | 0,775047 | 12 |
| 6 semaines | Meaningfull_hits_New | | | 0,305556 | 0,049878 | 0,205033 | 0,406078 | 12 |
| 6 semaines | Meaningless | 1 exposition | 120 ms | 0,155482 | 0,050319 | 0,054072 | 0,256893 | 12 |
| 6 semaines | Meaningless | 1 exposition | 1920 ms | 0,234893 | 0,053810 | 0,126446 | 0,343340 | 12 |
| 6 semaines | Meaningless | 2 expositions | 120 ms | 0,258333 | 0,068175 | 0,120935 | 0,395732 | 12 |
| 6 semaines | Meaningless | 2 expositions | 1920 ms | 0,550000 | 0,061829 | 0,425392 | 0,674608 | 12 |
| 6 semaines | Meaningless_hits_New | | | 0,213698 | 0,054652 | 0,103554 | 0,323843 | 12 |

ANNEXE 6 : L'ensemble des moyennes des A' obtenus pour les images *Meaningful* et *New Old Gist* lors de la phase de reconnaissance.

CONDITIO*REPETITI*DUREE*délai; Moy. Moindres Carrés (STAT reconnaissance A)
Effet courant : F(6, 88)=1,1580, p=,33615. Décomposition efficace de l'hypothèse

| DELAI | CONDITION | REPETITION | DUREE | VD_1 | VD_1 | VD_1 | VD_1 | N |
|------------|-------------|---------------|---------|----------|----------|----------|----------|----|
| | | | | Moy. | Err-Type | -95,00% | +95,00% | |
| immédiat | Meaningfull | 1 exposition | 120 ms | 0,781728 | 0,032934 | 0,715353 | 0,848103 | 12 |
| immédiat | Meaningfull | 1 exposition | 1920 ms | 0,919310 | 0,032677 | 0,853454 | 0,985167 | 12 |
| immédiat | Meaningfull | 2 expositions | 120 ms | 0,846046 | 0,034222 | 0,777076 | 0,915015 | 12 |
| immédiat | Meaningfull | 2 expositions | 1920 ms | 0,949185 | 0,029670 | 0,889390 | 1,008980 | 12 |
| immédiat | New-OldGist | 1 exposition | 120 ms | 0,513104 | 0,049244 | 0,413860 | 0,612349 | 12 |
| immédiat | New-OldGist | 1 exposition | 1920 ms | 0,510722 | 0,046961 | 0,416077 | 0,605366 | 12 |
| immédiat | New-OldGist | 2 expositions | 120 ms | 0,581677 | 0,048905 | 0,483116 | 0,680239 | 12 |
| immédiat | New-OldGist | 2 expositions | 1920 ms | 0,516566 | 0,058367 | 0,398935 | 0,634198 | 12 |
| 1 jour | Meaningfull | 1 exposition | 120 ms | 0,760558 | 0,032934 | 0,694183 | 0,826933 | 12 |
| 1 jour | Meaningfull | 1 exposition | 1920 ms | 0,885680 | 0,032677 | 0,819823 | 0,951537 | 12 |
| 1 jour | Meaningfull | 2 expositions | 120 ms | 0,833555 | 0,034222 | 0,764585 | 0,902524 | 12 |
| 1 jour | Meaningfull | 2 expositions | 1920 ms | 0,929944 | 0,029670 | 0,870149 | 0,989739 | 12 |
| 1 jour | New-OldGist | 1 exposition | 120 ms | 0,554384 | 0,049244 | 0,455140 | 0,653628 | 12 |
| 1 jour | New-OldGist | 1 exposition | 1920 ms | 0,600228 | 0,046961 | 0,505584 | 0,694873 | 12 |
| 1 jour | New-OldGist | 2 expositions | 120 ms | 0,552785 | 0,048905 | 0,454223 | 0,651347 | 12 |
| 1 jour | New-OldGist | 2 expositions | 1920 ms | 0,584787 | 0,058367 | 0,467155 | 0,702419 | 12 |
| 3 semaines | Meaningfull | 1 exposition | 120 ms | 0,619726 | 0,032934 | 0,553351 | 0,686101 | 12 |
| 3 semaines | Meaningfull | 1 exposition | 1920 ms | 0,678263 | 0,032677 | 0,612406 | 0,744119 | 12 |
| 3 semaines | Meaningfull | 2 expositions | 120 ms | 0,660254 | 0,034222 | 0,591285 | 0,729223 | 12 |
| 3 semaines | Meaningfull | 2 expositions | 1920 ms | 0,780688 | 0,029670 | 0,720893 | 0,840483 | 12 |
| 3 semaines | New-OldGist | 1 exposition | 120 ms | 0,546048 | 0,049244 | 0,446804 | 0,645293 | 12 |
| 3 semaines | New-OldGist | 1 exposition | 1920 ms | 0,543035 | 0,046961 | 0,448390 | 0,637679 | 12 |
| 3 semaines | New-OldGist | 2 expositions | 120 ms | 0,571413 | 0,048905 | 0,472851 | 0,669975 | 12 |
| 3 semaines | New-OldGist | 2 expositions | 1920 ms | 0,531916 | 0,058367 | 0,414285 | 0,649548 | 12 |
| 6 semaines | Meaningfull | 1 exposition | 120 ms | 0,527224 | 0,032934 | 0,460849 | 0,593599 | 12 |
| 6 semaines | Meaningfull | 1 exposition | 1920 ms | 0,673325 | 0,032677 | 0,607468 | 0,739181 | 12 |
| 6 semaines | Meaningfull | 2 expositions | 120 ms | 0,588600 | 0,034222 | 0,519631 | 0,657570 | 12 |
| 6 semaines | Meaningfull | 2 expositions | 1920 ms | 0,778887 | 0,029670 | 0,719092 | 0,838682 | 12 |
| 6 semaines | New-OldGist | 1 exposition | 120 ms | 0,500846 | 0,049244 | 0,401601 | 0,600090 | 12 |
| 6 semaines | New-OldGist | 1 exposition | 1920 ms | 0,470044 | 0,046961 | 0,375400 | 0,564689 | 12 |
| 6 semaines | New-OldGist | 2 expositions | 120 ms | 0,549258 | 0,048905 | 0,450696 | 0,647820 | 12 |
| 6 semaines | New-OldGist | 2 expositions | 1920 ms | 0,520078 | 0,058367 | 0,402447 | 0,637710 | 12 |

Résumé : La prédominance d'une pédagogie constructiviste, dans laquelle le nouveau savoir doit être intégré au réseau conceptuel de l'apprenant, et les nouvelles préconisations ministérielles, invitant à utiliser des supports visuels du type cartes mentales, appellent un certain nombre de questions. Quelles relations entretiennent sens et mémorisation ? L'accès au concept est-il un facteur déterminant ? La représentation visuelle des concepts améliore-t-elle la mémorisation ? Autant de questions à l'origine de ce travail de recherche. Nous avons donc cherché à savoir si l'accès au concept permettait une amélioration des capacités de mémorisation visuelle à long terme chez les élèves de CM1 et CM2. Pour tenter d'apporter une réponse, nous avons examiné comment les mémoires relatives aux images avec et sans signification évoluaient au cours des semaines. Il existe un long débat sur la nature des images en mémoire visuelle à long terme (MVLT). Certains auteurs défendent la thèse d'un stockage analogique, quasi photographique, alors que d'autres, au contraire, soutiennent l'idée que seules les informations conceptuelles persisteraient en MVLT. Entre ces deux conceptions, la théorie du double codage postule que le stockage est à la fois visuel et verbal. Notre étude avec quarante-huit élèves a montré que, jusqu'à trois semaines et pour des expositions brèves, l'information sémantique améliorerait la mémorisation. En revanche, contrairement à la littérature, il s'est avéré que les souvenirs des images sans signification, nécessitant des expositions plus longues et répétées, étaient plus résistants dans le temps. Ceci nous a conduit à remettre en cause les modèles dominants de MVLT. Deux types principaux de systèmes de mémoire à long terme pourraient être engagés : un système de traitement conceptuel et visuel et un système de traitement purement visuel.

Mots clés : mémoire visuelle à long terme, stockage conceptuel, stockage analogique, double codage, avec signification, sans signification.

Abstract: The predominance of a constructivist pedagogy, postulating the integration of new knowledge into the conceptual network of the learner and the new ministerial recommendations concerning the use of mind mapping visual supports both raise many questions. What are the relationships between meaning and memorization? Is access to the concept a determinant factor? Does visual representation of concepts improve memorization? These questions are at the origin of this research. We therefore investigated whether access to the concept would improve the long-term visual memory capabilities of 4th and 5th grade students. In an attempt to answer, we examined how the memories of images (meaningful and meaningless) evolved during the weeks. There is a dispute about the nature of images in visual long-term memory (VLTM). Some authors defend the thesis of an analogical storage, almost photographic, while others consider that only conceptual information would persist in VLTM. Between these two conceptions, dual-coding theory postulates that storage is both visual and verbal. Based on case study of forty-eight students, our research shows, on the one hand, that semantic information improves memorization up to three weeks and for short exposures. On the other hand, in contradiction with literature, it turned out that memories of meaningless images, requiring longer and repeated exposures, were more resistant over time. This led us to question the dominant models of VLTM. Two main types of long-term memory systems could be engaged: a conceptual and visual processing system and a purely visual processing system.

Key words: Visual long-term memory, conceptual storage, analogical storage, dual coding, meaningful, meaningless.