

UNIVERSITE LUMIERE LYON 2  
INSTITUT DE PSYCHOLOGIE  
THESE pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Lumière Lyon 2  
Discipline : Psychologie Cognitive  
présentée et soutenue publiquement le 27 Septembre 2001 par  
**Hélène TADDEI LAWSON**

## ETUDE DE LA MEMOIRE : PERSPECTIVE EPISODIQUE ET DISTRIBUEE

Directeur de thèse : Dr. Rémy Versace

**JURY** **Jean Claude Bougeant**, Professeur, Université Lumière Lyon 2, Bron **Patrick Chambres**,  
Professeur, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand **Olivier Koenig**, Professeur, Université  
Lumière Lyon 2, Bron **Annie Magnan**, Professeur, Université Lumière Lyon 2, Bron **Serge Nicolas**,  
Maître de conférence HDR, Université René Descartes, Boulogne-Billancourt **Rémy Versace**, Maître  
de conférence HDR, Université Lumière Lyon 2, Bron



# Table des matières

<b>REMERCIEMENTS .</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCTION .</b>	<b>3</b>
<b>A LES REPRÉSENTATIONS DES CONNAISSANCES .</b>	<b>5</b>
I. Définitions .	5
1. La représentation et le traitement de l'information . .	7
2. La représentation et l'ordinateur .	7
3. La représentation et la logique .	8
4. Les relations entre la représentation, la théorie de l'information, l'ordinateur et la logique . .	9
II. La notion de représentation en psychologie cognitive .	10
1. Les représentations conceptuelles .	10
2. Les représentations imagées . .	11
3. Les représentations liées à l'action .	12
III. La notion de représentation en psychologie génétique .	13
IV. La notion de représentation en psychologie animale .	14
V. La notion de représentation en neurosciences . .	15
VI. Les représentations : résumé et conclusion .	18
<b>B. LA MÉMOIRE .</b>	<b>21</b>
I. Introduction .	21
II. Différentes formes de modèles de mémoire dans la littérature . .	23
III. Une architecture cognitive de la mémoire : les modèles de type symbolique ou abstractionniste . .	24
1. Les modèles de la mémoire sémantique . .	24
2. La modélisation de différents systèmes de mémoire . .	30
3. Les phénomènes de dissociation .	34
4. Les modèles de type symbolique : conclusion .	41
IV. Les modèles de type épisodique . .	42

1. Les modèles d'exemples . .	42
2. Les modèles à traces multiples : le modèle d'Hintzman (1984, 1986, 1987, 1988, 1990) .	49
3. Les modèles épisodiques : conclusion .	52
V. Une architecture distribuée de la mémoire : la modélisation connexionniste . .	53
1. Modèles cognitivistes vs modèles connexionnistes . .	53
2. Principes de fonctionnement des réseaux connexionnistes .	54
3. Un modèle épisodique et connexionniste : Whittlesea (1987, 1990) . .	55
4. Une architecture distribuée de la mémoire : conclusion .	59
<b>C. LA MODELISATION DE LA MEMOIRE : CONCLUSION .</b>	<b>61</b>
Expérience 1 . .	67
Expérience 2 . .	67
Expérience 3 . .	68
Expérience 4 . .	68
Expérience 5 . .	69
Expérience 6 . .	69
Expérience 7 . .	69
Expérience 8 . .	70
<b>D. PREMIERE SERIE D'EXPERIENCES .</b>	<b>73</b>
I. Expérience 1 .	73
1. Méthode . .	74
2. Hypothèses .	76
3. Analyse des résultats . .	77
II. Expérience 2 . .	78
1. Méthode . .	78
2. Hypothèses .	80
3. Analyse des résultats . .	80
III. Discussion de la première série d'expériences .	81
<b>E. DEUXIEME SERIE D'EXPERIENCES .</b>	<b>83</b>

I. Expérience 3 .	84
1. Méthode . .	84
2. Hypothèses .	87
3. Analyse des résultats . .	87
II. Expérience 4 . .	87
1. Hypothèses .	88
2. Analyse des résultats . .	88
III. Expérience 5 .	88
1. Méthode . .	88
2. Hypothèses .	89
3. Analyse des résultats . .	89
IV. Discussion de la deuxième série d'expériences .	90
<b>F. TROISIEME SERIE D'EXPERIENCES .</b>	<b>93</b>
I. Expérience 6 .	94
1. Méthode . .	94
2. Hypothèses .	97
3. Analyse des résultats . .	97
II. Expérience 7 . .	99
1. Hypothèses .	100
2. Analyse des résultats . .	100
III. Expérience 8 .	102
1. Méthode . .	103
2. Hypothèses .	103
3. Analyse des résultats . .	103
IV. Expérience 9 .	105
1. Méthode . .	106
2. Hypothèses .	106
3. Analyse des résultats . .	106
V. Discussion de la troisième série d'expériences .	108

<b>G. DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSION . .</b>	<b>111</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .</b>	<b>117</b>
<b>ANNEXE 1 .</b>	<b>125</b>
ANNEXE 1a .	125
ANNEXE 1b .	126
ANNEXE 1c . .	127
<b>ANNEXE 2 .</b>	<b>129</b>
ANNEXE 3a .	131
ANNEXE 3b .	131
ANNEXE 3c . .	133
ANNEXE 4a .	135
ANNEXE 4b .	136
ANNEXE 4c . .	136

## REMERCIEMENTS

Je remercie mon directeur de recherche, Mr Rémy Versace qui a guidé mon travail avec patience et sympathie.

Je remercie tous les membres du laboratoire d'étude des mécanismes cognitifs, Université Lyon 2 pour leur gentillesse et leur attention. Merci à Brigitte toujours disponible.

Je remercie Jean Claude Bougeant, Patrick Chambres, Olivier Koenig, Annie Magnan et Serge Nicolas de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'être dans mon jury.

Je remercie mon mari, Tommy qui me communique sa force et sa détermination et mon petit garçon Tim qui m'inspire chaque jour l'envie d'aller plus loin.

Merci à tous ceux, proches et moins proches qui ont soutenu mes aspirations et mes choix.

Enfin, je remercie la danse et tous les danseurs qui depuis de longues années nourrissent ma sensibilité et ma réflexion sur les relations entre le corps et l'esprit.





# INTRODUCTION

La recherche développée dans cette thèse étudie une grande fonction du système cognitif humain : la fonction mnésique. Nous tenterons de comprendre ce qu'est la mémoire en départageant deux grandes conceptions : 1. La mémoire est composée de différents systèmes stockant différents types de représentations. 2. La mémoire est un seul système au sein duquel émergent différents types de représentations grâce à la nature distribuée des informations. En nous situant dans cette dernière perspective, notre objectif est de comprendre la nature et le format d'une représentation en mémoire à long terme à travers l'étude des effets de prototypie et de distance perceptive entre les informations traitées.

Les nombreux travaux sur la mémoire ont engendré des paradigmes théoriques et expérimentaux très différents, voire des perspectives opposées.

Les théories prototypiques de la représentation d'un concept mettent l'accent sur l'abstraction automatique de l'information catégorielle. Les modèles qui en découlent ont mis en avant l'importance de la diffusion de l'activation dans un réseau sémantique (Quillian, 1969), de la fréquence de l'information (Freedman & Loftus, 1971) et de sa prototypie (Rosch & Mervis, 1975).

Les théories des différents systèmes mnésiques suggèrent une indépendance entre différents types de représentations : épisodiques, sémantiques, déclaratives, procédurales (Tulving, 1984, 1985 ; Anderson, 1983, 1989). Elles se fondent sur les différentes formes de dissociation, notamment les dissociations entre tâches selon lesquelles une variable peut avoir un effet sur les performances dans une tâche donnée et non dans une autre.

Les interprétations épisodiques supposent que les représentations en mémoire, quelle que soit leur nature, sont le produit de la rétention d'expériences particulières. Elles sont symbolisées par des exemples (Medin & Schaffer, 1978 ; Nosofsky, 1986, 1988, 1991) ou des traces multiples (Hintzman, 1986) qui s'accumulent dans un seul système de mémoire. La similarité entre traces ou exemples est un déterminant majeur de leur récupération.

D'autres interprétations d'un seul système de mémoire ne partagent pas cette définition de l'unité mnésique trop statique et peu économique. Les traces ne seraient pas des entités tangibles qui s'accumulent mais des configurations actives d'informations à un moment donné. Selon Whittlesea (1987, 1990), leur format est variable en fonction de la spécificité de l'expérience, un stimulus est traité comme un tout ou des parties séparées selon le degré d'intégration de ses composants dans une tâche donnée. Les informations sont codées sur un mode distribué et récupérées en parallèle, d'où l'existence d'un réseau à l'instar du système nerveux. Les représentations en mémoire émergent des propriétés de ce réseau à travers la catégorisation des multiples informations qui y sont traitées, l'identification perceptive étant déjà un processus de catégorisation. Cette perspective dans laquelle se situe notre recherche met l'accent sur la variabilité de l'encodage et de la récupération de l'information (Whittlesea, 1987, 1990). La distance perceptive entre les unités mnésiques a une influence majeure dans la structuration des représentations.

Ces points de vue trouvent leurs sources théoriques dans les différentes conceptions de la représentation à l'intérieur de grandes disciplines comme la psychologie cognitive ou les neurosciences. De ces différentes conceptions découlent deux grands paradigmes : le paradigme cognitiviste et le paradigme connexionniste à l'intérieur desquels modèles et théories s'opposent et se complètent.

Le chapitre A présente différents points de vue quand à la notion de représentation : le point de vue de la psychologie cognitive proche du fonctionnement de l'ordinateur, le point de vue de la psychologie génétique qui étudie la genèse des représentations, le point de vue de la psychologie animale qui retrace leur évolution et enfin, le point de vue des neurosciences qui trouve ses sources dans le fonctionnement du cerveau.

Le chapitre B présente, de manière non exhaustive, les différentes modélisations qui en découlent pour arriver à celle qui nous paraît la plus pertinente dans l'explication des phénomènes mnésiques. Nous décrivons des modèles dits abstractionnistes ou symboliques, des modèles dits épisodiques, et enfin l'architecture connexionniste.

Le chapitre C présente le paradigme expérimental de Whittlesea (1987) dont nous sommes inspirés dans nos expériences.

Les chapitres D, E et F présentent la partie expérimentale de notre recherche. Nous avons étudié les effets de la prototypie et de la distance perceptive entre deux stimuli à travers des tâches de catégorisation et de discrimination de pseudomots.

Le chapitre G est une discussion générale sur les aspects théoriques et expérimentaux de notre recherche.

# A LES REPRÉSENTATIONS DES CONNAISSANCES

## I. Définitions

Le petit Larousse définit une représentation par 'l'action de rendre sensible quelque chose au moyen d'un symbole'. Et de façon plus précise en psychologie par 'une image mentale dont le contenu se rapporte à un objet, à une situation, à une scène du monde dans lequel vit le sujet'.

Il définit également la connaissance par la 'faculté de connaître, de se représenter'.

Ainsi, la connaissance est la faculté d'avoir des représentations, la représentation l'accès à la connaissance. Représentation et connaissance apparaissent donc étroitement liées, à la recherche d'une définition introuvable du système cognitif humain, la représentation semblant servir d'interface entre le monde et les fonctions mentales qui caractérisent ce système.

Il s'ensuit qu'au sein des sciences cognitives dont l'objectif est l'étude interdisciplinaire de l'esprit humain, le terme de représentation renvoie à des conceptions largement différentes, les plus extrêmes allant même jusqu'à lui dénier toute réalité (Varela, 1993). Le paradigme théorique à l'intérieur duquel se développe une théorie de la

mémoire influence profondément l'interprétation de la notion même de représentation. En psychologie cognitive, on peut distinguer deux grands paradigmes théoriques à travers lesquels ces différentes conceptions s'opposent, se complètent et conditionnent la modélisation du fonctionnement mental :

Un paradigme classique dit 'cognitiviste' car il trouve ses sources dans les concepts de la psychologie cognitive des années 70. Ce paradigme considère la représentation comme une entité psychologique tangible, interface entre la réalité et le sujet.

Un paradigme concurrent, le connexionisme qui depuis une quinzaine d'années remet en question de nombreux aspects du cognitivisme à travers des concepts issus des neurosciences. La nature, voire même l'existence du concept de représentation est au centre de cette remise en question.

C'est donc le paradigme cognitiviste 'classique' qui a rendu centrale cette notion de représentation. En effet, ce dernier trouve son origine dans le rejet du Béhaviorisme. Ce courant fondé par Watson (1913) se refusait toute inférence sur les opérations mentales, ne prenant en compte que les éléments observables à travers le fameux schéma stimulus-réponse. Selon sa théorie, le fonctionnement mental ne pouvait être appréhendé qu'à travers des réponses comportementales observables, elles-mêmes initiées par des stimulus observables. Sa méthode consistait à étudier les mécanismes généraux de l'apprentissage à travers des mécanismes de conditionnement. Ce paradigme très réducteur ayant échoué dans la formulation d'une théorie satisfaisante de la cognition humaine, Tolman (1927), behavioriste critique, admet la construction de 'représentations internes' non observables directement dans les opérations mentales. Par la suite, la fameuse 'boite noire' ininterprétable pour les behavioristes est remplacée par cette notion de représentation et un nouveau courant, la psychologie cognitive, s'organise autour de la question des représentations mentales et des traitements effectués sur ces représentations dans un processus cognitif.

D'une part l'approche computationnelle de Marr (1982) tente d'expliquer le fonctionnement cognitif par des calculs ou computations en identifiant des étapes de traitement nécessaires à un système pour accomplir une tâche donnée et en définissant les sous-systèmes fonctionnels nécessaires à la réalisation de ces étapes.

D'autre part, les neuropsychologues du XIXème siècle tentent, dans une perspective localisationniste, d'expliquer des troubles cognitifs particuliers en termes d'atteintes de composants de traitements suite à des lésions cérébrales spécifiques.

Enfin, la psychologie cognitive, avec l'avènement de cette notion de représentation va trouver des influences fondamentales dans le domaine de la technologie de la télécommunication et de l'informatique avec la théorie du traitement de l'information et l'utilisation de l'ordinateur comme métaphore du fonctionnement mental. Elle part du postulat que le rapport entre l'esprit et le cerveau est à l'image du rapport entre le système physique et le système de traitement de l'information de l'ordinateur. A un niveau fonctionnel dit 'symbolique', le fonctionnement cognitif est caractérisé par des états

mentaux, les représentations et des processus, les traitements qui opèrent sur ces représentations. Ces états mentaux sont des représentations dans le sens où leur contenu est sémantiquement interprétable, ce qui leur confère une valeur psychologique. Dans cette perspective, ces représentations s'articulent tels les langages formels de la logique contemporaine, langage privilégié de l'ordinateur. Ce langage qui est en lui-même un système de représentation est constitué de symboles et de variables liés par des opérateurs qui déterminent la structure interne des propositions et des relations entre ces propositions.

### 1. La représentation et le traitement de l'information

---

La théorie du traitement de l'information est issue des travaux de Shannon et Weaver (1948) rendus célèbres par la publication d'un ouvrage : 'la théorie mathématique de la communication'. Selon cette théorie qui a rendu mesurable la quantité d'information contenue dans un message, l'information est représentée symboliquement dans le cerveau par des entités abstraites. Le système cognitif est caractérisé par des représentations et des traitements qui opèrent sur ces représentations. Il est considéré comme un système de traitement à capacité limitée au niveau du stockage et du traitement ainsi que de l'énergie consacrée à ces traitements. Ce modèle nécessite de définir des étapes de traitement supposées expliquer le passage entre le stimulus et la réponse en faisant des calculs sur de l'information symbolique (Marr, 1982). Ces étapes de traitement supposent donc des entités symboliques susceptibles d'être traitées : les représentations. Dans le traitement de l'information, l'approche computationnelle de Marr a pour objectif de comprendre le système cognitif normal. Sa méthode est d'identifier les étapes de traitement nécessaires à un système pour accomplir une tâche donnée, et de définir les sous-systèmes fonctionnels nécessaires à la réalisation de ces étapes. Cette approche représente les activités mentales en termes d'architecture fonctionnelle, c'est-à-dire à un niveau caractérisant le fonctionnement psychologique. Elle caractérise la psychologie cognitive, la neuropsychologie cognitive et la neuroscience cognitive.

### 2. La représentation et l'ordinateur

---

Depuis l'Antiquité, l'homme tente d'inventer des machines capables de reproduire les caractéristiques de l'esprit humain. Dans le XIIIème chant de l'Illiade, Homère décrit le dieu du feu, construisant des sortes de robots : des tables à trois pieds sur roulettes capables de se déplacer seules.

L'histoire de l'ordinateur remonte au XVIIème siècle avec les premières machines à calculer capables de reproduire des opérations mentales : les opérations arithmétiques élémentaires. Cependant, le fonctionnement de ces machines et le type de tâche qu'elles effectuent est encore trop limité pour permettre de parler de représentation. Par exemple, la machine de Pascal (cité dans Webb, 1980) est un système d'engrenage basé sur une correspondance physique entre les mouvements du système et leurs significations ce qui ne nécessite pas l'intervention d'un système de symboles.

Ce sont les automates qui à la fin du XVIIIème siècle mettent en jeu la part de la

représentation et de la symbolisation en assurant un enchaînement automatique et continu d'opérations arithmétiques et logiques. Ces enchaînements d'opérations règlent des mouvements dont la signification ne nécessite pas de correspondance physique entre les mouvements du système et ce qu'ils symbolisent comme dans la machine de Pascal. En 1805, le métier Jacquard sera le premier automate industriel universel dans le sens où il sera capable d'effectuer n'importe quelle tâche en un domaine donné, en l'occurrence reproduire n'importe quel dessin.

En 1830, Charles Babbage travaille à la mécanisation complète de l'arithmétique. Il franchit la distance qui sépare les automates de l'ordinateur contemporain en décelant l'importance de l'organisation des opérations de base, dont la clé est le conditionnel. Le 'si alors sinon' permet à sa 'machine analytique' de choisir entre deux procédures en fonction du résultat qu'elle a elle-même calculé à une étape antérieure. Cette introduction du virtuel sera un pas en avant dans l'abstraction ainsi que l'avènement de la symbolisation. La machine analytique combine des symboles utilisés ou non en fonction de la procédure choisie.

Selon Andler (1992), Turing donnera la pièce manquante avec sa famille de machines théoriques. Il commence par définir une famille de machines qui manipulent des symboles en postulant que toute manipulation concrète peut-être confiée à ces machines. La thèse de Turing est qu'il existe toujours une de ces machines capables de reproduire une procédure exécutée concrètement par l'esprit humain. Il code les machines qui sont des unités d'instructions par des nombres puis substitue aux nombres des marques, c'est-à-dire des symboles. Enfin, il va construire de véritables machines en substituant aux marques des impulsions électriques. Ce passage du nombre au symbole accompli d'abord dans l'abstrait avec la famille de machines théoriques va produire la machine formelle dans le but de s'inscrire dans la matérialité de la machine.

Les ordinateurs utilisent des symboles (ex : les icônes) qui représentent des unités d'information sémantiquement interprétables pour l'utilisateur. Cette forme de symbolisation rend incontournable le recours à la notion de représentation. Elle établit le lien étroit entre la métaphore de l'ordinateur et la notion de représentation en ce qui concerne le fonctionnement mental en psychologie cognitive.

Au terme de ce parcours, les inventeurs de l'ordinateur s'exprimeront avec la logique contemporaine, algébrisée par Boole (1854/1961) et formalisée par Frege (1848/1925).

### 3. La représentation et la logique

---

La logique contemporaine est une méthode de raisonnement qui peut être conçue comme un langage permettant de formaliser une suite d'opérations définies. Ce langage constitue le système de représentation utilisé dans le fonctionnement des ordinateurs.

La logique remonte à l'Antiquité avec Aristote. Elle est la science du raisonnement en lui-même abstrait de l'objet auquel il s'applique. Bien plus tard, elle deviendra mathématique avec Boole puis formelle et symbolique avec Frege.

Georges Boole (1854/1961), mathématicien Britannique est le créateur de la logique mathématique moderne. Il a introduit en logique le calcul en effectuant ce que l'on peut

appeler 'l'algébrisation de la logique'. La logique de Boole permet d'effectuer des calculs sur des propositions en remplaçant celles-ci par deux valeurs de vérité : 0 ou 1.

Plus tard, un logicien et mathématicien Allemand, Gottlob Frege (1848/1925) va initier la science des langages formels. Il va formaliser la logique en concevant celle-ci comme un langage capable d'exprimer tout ce qui se dit et se fait en mathématiques. Cette perspective inaugure une nouvelle philosophie de l'esprit, la philosophie analytique qui est une méthode, une façon de philosopher.

Les acquis fondamentaux de la logique contemporaine deviennent le calcul et la formalisation ainsi que la construction par récurrence. La construction par récurrence consiste à combiner un nombre fini d'objets élémentaires afin d'engendrer un ensemble infini d'objets, les combinaisons étant spécifiées et en nombre fini comme les formules du calcul propositionnel.

### **4. Les relations entre la représentation, la théorie de l'information, l'ordinateur et la logique**

---

En 1937, Claude Shannon (cité dans Andler, 1992) démontre que les circuits électriques de relais et de commutation peuvent être interprétés dans le calcul Booléen tandis que Turing invente une machine électrique à multiplier basée sur la même idée que Shannon. Ces deux auteurs établissent le lien entre circuit électrique, calcul Booléen, arithmétique et logique propositionnelle. Ils démontrent que des formules propositionnelles ou Booléennes sont réalisables ou matérialisables dans des circuits électriques de même que le comportement des circuits est entièrement descriptible par des formules logiques ou arithmétiques.

Cette matérialisation de la logique dans des montages électriques est l'avènement de l'ordinateur et d'une psychologie cognitive qui modélise le système cognitif de façon hautement symbolique, sans se préoccuper du cerveau, support de l'activité mentale. Dans cette perspective, la description du système cognitif est strictement fonctionnelle. Elle ne se préoccupe pas d'une description physique, c'est-à-dire de ce qui se passe dans le cerveau au niveau des neurones. Cette démarche définit la thèse 'fonctionnaliste'. Au niveau fonctionnel, le système cognitif est caractérisé par des états mentaux, les représentations et par des processus qui conduisent d'un état à un autre, les traitements. La métaphore de l'ordinateur a longtemps influencé les modèles de la mémoire conçue alors comme un espace divisé en systèmes à l'intérieur desquels des unités d'information sont stockées de façon hiérarchique. Ces unités d'information combinées entre elles par des opérations (les computations) permettent la représentation définie ici comme l'attribution arbitraire de sens à des unités qui n'en ont a priori pas.

Une nouvelle discipline, la cybernétique, tentera de combler le fossé esprit-cerveau. La cybernétique est l'étude des régulations chez les êtres vivants et les machines. Elle est née de la publication en 1948 de l'ouvrage de Wiener « Cybernetics ou régulation et communication chez l'animal et dans la machine ». A la même époque, les neurophysiologistes Rosenbluet et Mc Culloch mettent sur pied des séminaires. Un mathématicien, W. Pitts établit le lien entre Wiener et Mc Culloch. Ils s'aperçoivent qu'un

début de compréhension des mécanismes cérébraux et leur simulation par des machines ne peuvent résulter que de la compréhension de nombreuses disciplines. Warren McCulloch et Walter Pitts (1943) publient un article 'un calcul logique immanent dans l'activité nerveuse', dans lequel ils démontrent la matérialisation possible de la logique propositionnelle et du calcul des prédicats dans des circuits d'éléments simples, 'des neurones formels' qui sont des modèles simplifiés de neurones. Selon eux, l'esprit et ses productions symboliques peuvent être incarnés dans le tissu cérébral.

De ce creuset de travaux va émerger le projet d'une science de l'intelligence biologique solidaire d'une intelligence artificielle. C'est l'avènement de nouveaux concepts tels que auto organisation, régulation, mémoire distribuée, adaptation, émergence, système... Ce qui marquera profondément les nouvelles conceptions du fonctionnement mental qui trouvent tout leur sens au sein des neurosciences. En psychologie, ces conceptions caractérisent un nouveau courant, le connexionnisme qui remet en question les théories du fonctionnement mental basées sur la métaphore de l'ordinateur.

## II. La notion de représentation en psychologie cognitive

En psychologie cognitive deux sens sont généralement attribués au terme de représentation :

Un premier sens fait référence à des 'connaissances' ou des 'croyances' qui bien qu'elles puissent se modifier sous l'effet de l'expérience sont bien stabilisées en mémoire. Le terme connaissance est employé pour désigner des conceptions qui satisfont aux critères scientifiques, le terme croyance pour désigner les autres conceptions.

Un second sens fait référence à des 'constructions circonstancielles', c'est-à-dire à des représentations construites dans un contexte particulier et à des fins spécifiques.

Cette perspective suppose que les représentations au premier sens du terme sont des conceptions stables, tandis que celles au second sens correspondent à de nouvelles représentations plus ou moins labiles. Elle distingue donc une mémoire des concepts qui stockerait des connaissances stables et une mémoire épisodique qui stockerait des connaissances liées à des événements spécifiques.

Ce point de vue cognitiviste distingue trois types de représentations qui, selon leur nature sont soit stabilisées dans la mémoire des concepts, soit stockées dans la mémoire épisodique, soit départagées entre ces deux types de mémoire :

### 1. Les représentations conceptuelles

---

Ces représentations sont toutes stabilisées dans une mémoire des concepts.

Elles correspondent aux concepts désignés par le langage et sont donc étroitement dépendantes du langage.



Elles sont très abstraites dans le sens où elles se détachent du concret par leur degré élevé de symbolisation.

Les représentations conceptuelles de base comprennent les concepts et les relations entre les concepts. Selon le point de vue dit 'classique' (Quillian, 1969), un concept est défini par l'ensemble des individus qui le constituent et les propriétés que doivent posséder tous ces individus. Les individus d'un concept sont équivalents et les classes sont bien délimitées. Selon le point de vue dit 'relativiste' (Rosch & Mervis, 1975), les exemplaires d'un concept ne sont pas équivalents. Certains sont plus représentatifs que d'autres, d'où la notion de typicalité. Les exemplaires de la classe les plus typiques sont les prototypes de la classe et servent de référence pour classer un objet. L'appartenance à une classe d'objets est alors définie en termes de distance et non plus en termes de propriétés comme dans le point de vue classique.

Ces conceptions vont fonder les modèles de la mémoire de type 'symbolique' selon lesquels la mémoire est composée de différents systèmes définis par des structures modulaires traitant de l'information symbolique. Dans ces modèles, les travaux sur la nature et l'organisation des connaissances sont bien distincts. Par exemple, le modèle du réseau sémantique de Collins et Quillian (1969) concerne essentiellement l'architecture de la mémoire alors que la théorie du prototype de Rosch et Mervis (1975) concerne la nature des connaissances.

Les structures ou organisations conceptuelles permettent de décrire des objets complexes à travers des modélisations dans le domaine de la compréhension de textes comme les schémas et scripts de Van Dijk (1977), les réseaux propositionnels et les macrostructures de Kintsch et Van Dijk (1978) ou les modèles situationnels de Johnson-Laird (1983).

## 2. Les représentations imagées

---

Elles expriment les structures spatiales caractéristiques de la perception visuelle comme la forme, la taille, l'orientation. Elles peuvent avoir un certain degré d'abstraction mais sont moins abstraites que les représentations conceptuelles.

Contrairement à ces dernières, certaines représentations imagées sont des connaissances stables stockées en mémoire à long terme et récupérées par une activation en mémoire. C'est l'exemple des cartes mentales qui nous permettent de retrouver des chemins familiers de façon automatique. D'autres sont labiles car construites de façon dépendante de contextes bien définis. Elles relèvent de l'interprétation et sont le résultat d'un ensemble de traitements de diverses natures. Il s'agit par exemple de la production de représentations imagées liées à la description d'un paysage dans la compréhension d'un texte.

Des travaux ont mis en évidence la spécificité des représentations imagées par rapport aux représentations verbales. Selon Santa (1977), un codage imagé retient les propriétés spatiales d'un stimulus alors qu'un codage verbal retient les propriétés temporelles.

Il existe une parenté étroite entre l'image mentale et la perception, des mécanismes

communs sont mis en oeuvre dans ces deux activités cognitives. Les travaux de Kosslyn, Ball et Reiser (1978) sur l'île imaginaire ont montré que des traitements portant sur une dimension spatiale présentent des caractéristiques spatiales même en l'absence de l'objet physique ou d'une image physique de celui-ci. Des sujets devaient mémoriser la carte d'une île imaginaire puis aller mentalement d'un point de l'île à un autre. Les résultats montrent que le temps de balayage mental est fonction de la distance réelle des points sur la carte.

Cependant, il semblerait que si l'image mentale retient un certain nombre de propriétés de l'objet physique elle ne les retient pas toutes. Les codes imagés retiennent les propriétés topologiques des objets mais ne sont pas décomposables en parties comme les images physiques. Ils peuvent cependant, grâce à leurs propriétés spatiales, servir à organiser des informations qui n'ont aucun caractère spatial. Par exemple, la sériation mentale consiste à créer une échelle imaginaire pour classer des informations du genre : A est plus grand que B et B est plus petit que C. C est-il plus petit ou plus grand que A ? (Richard, 1990). Dans ce sens, les représentations imagées ont un certain degré d'abstraction.

### 3. Les représentations liées à l'action

---

De même que les représentations imagées, les représentations liées à l'action peuvent être stables en mémoire ou plus ou moins labiles.

Certaines de ces représentations sont étroitement dépendantes de l'aspect sémantique et correspondent au savoir que nous avons sur l'action mais ne se confondent pas avec son exécution. Elles permettent l'accès à la signification des actions à travers des verbes d'actions et des expressions verbales même si nous ne pouvons pas réaliser ces actions. Elles nous permettent également de programmer nos actions ou bien d'expliquer comment les exécuter. Elles correspondent à notre capacité de conceptualiser nos actions et en ce sens sont des représentations conceptuelles dont le contenu se rapporte à des actions.

D'autres représentations sont très concrètes car elles sont directement liées à l'exécution de l'action et concernent un savoir implicite qui ne peut être conceptualisé. Il s'agit des activités sensori-motrices et d'habiletés cognitives qui bien que s'étant construites en faisant intervenir le langage se sont automatisées. Ces représentations contrôlent les activités motrices banales comme la conduite automobile et des savoirs faire experts comme des sports de haut niveau. Ce type d'activité, bien qu'utilisant principalement des représentations stockées en mémoire à long terme comme des procédures automatiques nécessite tout de même une adaptation permanente des représentations en fonction de l'environnement, de l'état interne du sujet, etc. Par exemple, un sportif de haut niveau adaptera son savoir en fonction de son état physique et émotionnel, de ses adversaires, du terrain, des conditions atmosphériques, etc. Il utilisera certainement pour mener à bien son action des stratégies qui nécessiteront des représentations conceptuelles ainsi que des représentations imagées. Cependant, les représentations liées à l'action sont dites concrètes car elles sont difficilement détachables de l'action. Elles n'ont de sens qu'à travers l'exécution de l'action qu'elles

---

représentent.

### III. La notion de représentation en psychologie génétique

De nombreuses recherches en psychologie génétique tentent de comprendre comment les enfants parviennent à acquérir des représentations sur le monde. On sait actuellement que le développement cognitif dépend à la fois de la maturation biologique et des interactions avec l'environnement. Tout fonctionnement cognitif est à la fois biologique, psychologique et social.

L'enfant acquiert ses premières représentations dans des situations d'apprentissage dites 'apprentissage par l'action'. Dans ces situations, l'enfant agit sur l'environnement qui en retour lui renvoie des données. Il code alors l'état de cet environnement qui résulte en partie de sa propre action. Les premières représentations acquises sont donc liées à l'action.

L'acquisition de connaissances générales comme les concepts, les règles de raisonnement, etc, se déroule sur plusieurs années. Elle nécessite une multitude de situations d'interactions avec l'environnement et se fait à partir des résultats d'acquisitions plus 'locales' concernant un domaine de connaissance spécifique. A travers la maturation du système nerveux et des interactions sociales, l'enfant acquiert des représentations imagées et des représentations conceptuelles.

Piaget (1937, 1963), précurseur de la psychologie cognitive a étudié le développement de l'intelligence dans une perspective constructiviste. Selon lui, des schèmes cognitifs élémentaires s'intègrent en des structures de plus en plus complexes au cours du développement de l'individu.

Bien qu'il considère le développement cognitif comme une caractéristique individuelle, il a dégagé les principales phases de ce développement et discerne trois stades :

Le premier stade est l'émergence de la pensée sensori-motrice, entièrement dépendante des actions. Les représentations liées à l'action se construisent principalement à travers le processus d'imitation inné chez l'enfant. Piaget considère l'imitation comme un processus intermédiaire entre la pensée en action du jeune enfant et la symbolisation ou "action intériorisée" qui n'émergera que plus tard.

Le second stade est l'émergence de la pensée représentative qui se dégage de l'action. Elle apparaît avec la fonction symbolique, liée au langage. A travers le langage, les actions intériorisées sont graduellement coordonnées en des structures d'ensembles complexes dont des modèles logiques peuvent rendre compte. Cependant, Piaget considère cette pensée encore égocentrique dans le sens où l'enfant ne se perçoit pas comme pouvant se différencier de son environnement.

Durant le troisième stade, la pensée logique apparaît avec l'acquisition d'instruments

conceptuels comme le concept d'ordre et la réversibilité. Selon Piaget, les opérations intellectuelles sont des actions intériorisées, réversibles et coordonnées en structures d'ensembles. L'enfant qui a acquis la capacité d'ordonner des informations et de comprendre qu'elles peuvent être réversibles a acquis un certain degré d'abstraction. A ce stade, l'activité individuelle est aussi de nature sociale. La coordination de ses propres actions avec celles des autres permet la maîtrise de coordinations plus complexes qui permettent à leur tour de participer à des interactions sociales élaborées. Ces interactions qui s'appuient sur une pensée capable d'abstraction sont elles-mêmes source de développement cognitif. La pensée logique décrite par Piaget est donc en relation avec l'échange et la coopération et permet à l'enfant d'avoir des représentations de lui-même, d'autrui et de son environnement.

Selon cette conception évolutive de l'intelligence, l'individu acquiert d'abord des représentations très concrètes, liées à l'action, puis à travers l'interaction avec l'environnement des représentations plus abstraites, les représentations imagées et les représentations conceptuelles.

Cette échelle d'abstraction observée dans l'ontogenèse se retrouve dans la phylogenèse. Il semble que seule l'espèce humaine ait accès aux représentations conceptuelles. Bien que l'on observe chez certains mammifères supérieurs un début de conceptualisation, les animaux ne possèdent que des représentations liées à l'action et des représentations imagées de leur environnement.

## IV. La notion de représentation en psychologie animale

De nombreux comportements dans les espèces s'appuient sur une base innée n'impliquant pas nécessairement des représentations mentales construites à partir de l'expérience. Cependant, certains comportements animaux témoignent d'une flexibilité comportementale adaptée à la situation qui peut s'expliquer par l'intermédiaire de représentations.

Une expérience de Santa (1977) démontre que des chimpanzés devant qui on a caché des friandises sous des pots selon un parcours complexe les récupère en adoptant le chemin le plus court, ce qui suggère qu'ils possèdent une représentation structurée de l'environnement.

L'utilisation d'instruments (ex : le vautour lâche des pierres sur des oeufs pour en casser la coque) est aussi un argument en faveur de l'existence de représentations.

Certains animaux semblent avoir des représentations d'eux-mêmes. Gallup (1977) a montré chez un chimpanzé un comportement indiquant un début de reconnaissance de soi. Après avoir placé une tâche de couleur sur le visage de l'animal, il a confronté celui-ci à son image spéculaire. L'animal a alors cherché à enlever la tâche de son propre visage plutôt que de son image.

Selon l'éthologiste Konrad Lorenz (1983), il est nécessaire en psychologie animale d'observer des créatures mentalement saines non marquées par les conséquences néfastes de la vie en captivité. Il a observé chez une espèce d'oiseaux, les choucas, un jeu avec le vent qui consiste à se laisser porter par les courants ascendants, très haut dans le ciel. Avec quelques battements d'aile, les oiseaux utilisent cette force naturelle pour les porter à travers les airs à une vitesse dépassant cent kilomètres à l'heure. Ainsi, les choucas savent utiliser le vent et apprécier les distances. Ils connaissent les conditions atmosphériques locales et les lieux, où, selon la direction du vent, se trouvent les courants ascendants, les trous d'air ou les tourbillons. Ces connaissances ne sont pas innées mais individuellement acquises. Pour cela, il existe chez les choucas le même phénomène d'imitation que dans l'apprentissage humain. Si les petits choucas n'ont pas de modèle aîné à suivre en vol, ils cherchent un guide les uns chez les autres et tournent sans but dans les airs en s'élevant toujours plus haut. N'ayant pas encore acquis la chute vertigineuse par laquelle les choucas adultes perdent de la hauteur, ils s'égarer. Ce phénomène d'imitation systématique pose la question de la phase intermédiaire entre les comportements innés et l'acquisition de représentations dans l'apprentissage.

Ainsi, il apparaît qu'au moins chez les mammifères supérieurs, il existe des représentations cognitives grâce auxquelles les animaux peuvent fournir des réponses adaptées aux situations.

Cependant, les animaux ne semblent pas avoir accès aux représentations conceptuelles qui supposent l'utilisation du langage dans sa fonction symbolique. Gardner et Gardner (1971) ont appris à un chimpanzé le langage des sourds-muets. Les animaux sont parvenus à utiliser les signes, faisant ainsi preuve d'une certaine forme d'abstraction. Cependant, pour d'autres auteurs les signes ne constituent pas un langage réel. Les animaux auraient accès à un langage dans sa fonction strictement communicative et non symbolique ce qui semble empêcher l'accès à des représentations très abstraites. Selon Lorenz (1983), les animaux n'ont donc pas de langage au sens propre du terme et les observations invalident l'idée d'une analogie entre les moyens de communication des animaux et le langage humain. Les animaux n'auraient pas contrairement aux humains l'intention consciente d'influencer un congénère à travers leurs émissions de sons et de gestes. Ils communiquent grâce à un appareil émetteur récepteur qui permet la transmission inconsciente de sentiments et d'émotions à travers des mimiques. Selon l'humeur correspondante, des signaux sont déclenchés de façon automatique. Cet appareil a sans doute régressé chez l'homme à mesure que s'est développé le langage parlé et les représentations conceptuelles. L'homme n'a pas besoin de mimiques pour signifier ses humeurs car il lui suffit de les dire. En revanche, cet appareil est resté très développé chez les animaux supérieurs vivants en société parce qu'ils ne comprennent pas les mots et ne savent pas parler.

## V. La notion de représentation en neurosciences

La notion de représentation en neurosciences est indissociable des phénomènes nerveux

ayant lieu au sein du cerveau. Une meilleure compréhension du fonctionnement des neurones et en particulier de leurs espaces synaptiques a ouvert la voie à une perspective radicalement différente de la perspective cognitiviste. Ces conceptions ont inauguré une nouvelle forme de modélisation : la modélisation connexionniste basée sur le principe des réseaux neuronaux.

C'est fin du XIX<sup>ème</sup> siècle que le neurobiologiste Eugenio Tanzi (1893) avance l'idée que les changements induits par l'apprentissage prennent place aux jonctions neuronales.

Puis, vers le milieu du XX<sup>ème</sup> siècle, un psychologue Américain D. O. Hebb (1949) propose un modèle élémentaire de mémoire qui rend compte de la manière dont un réseau de neurones peut garder la trace des expériences passées. La synapse étant le lieu où l'activité nerveuse laisse une trace, Hebb suppose l'existence de 'synapses plastiques' capables de modifier leur efficacité de transmission en fonction de leur activité antérieure.

Il soutient le principe suivant 'Quand un neurone A active par l'intermédiaire d'une synapse un neurone B et si cette activation réussit de façon répétée à déclencher l'activité du neurone B soit par elle-même, soit par l'effet coopératif d'autres signaux d'entrée convergeant sur le neurone, alors l'efficacité de la connexion qui unit les deux neurones est par la suite accrue'.

Ainsi, Hebb démontre que des changements synaptiques peuvent induire la formation de réseaux de neurones, les circuits neuronaux allant de simples chaînes neuronales à des circuits qui fonctionnent en parallèle et sont distribués au sein de larges réseaux. L'augmentation du gain synaptique renforce les connexions entre neurones actifs et provoque la formation d'une assemblée. Un ensemble de neurones distribués peut encoder différentes informations d'un même stimulus, chaque neurone participant de façon plus ou moins étendue à une information particulière.

Selon cette perspective, les représentations ne sont plus au sens classique des entités stables stockées en mémoire mais des phénomènes cognitifs issus de l'activité du système nerveux sans cesse modulés par l'expérience grâce à la plasticité des synapses. Elles sont des processus émergents qui fonctionnent en parallèle, sans contrôle hiérarchique et dont les composants sont de bas niveau. La représentation d'un événement spécifique est codée par l'activité nerveuse d'une assemblée de neurones actifs à un moment donné. Les informations sont stockées dans le cerveau et récupérées par le biais de l'activation de réseaux neuronaux qui se modifient sans cesse grâce à cette propriété auto-adaptative du cerveau.

Un premier type de plasticité synaptique fut découvert au début des années 70 dans l'hippocampe impliqué dans la mémoire explicite ainsi que dans l'ensemble du cortex et dans les ganglions de la base impliqués dans la mémoire procédurale. Cette augmentation de l'effet synaptique est durable puisqu'elle a été détectée jusqu'à trente minutes après la stimulation d'où le nom de potentialisation à long terme ou LTP.

Au début des années 80, un autre type de plasticité synaptique a été découvert dans le cervelet impliqué dans la mémoire motrice. Cette plasticité consiste en une diminution de l'efficacité de la transmission, d'où le nom de diminution à long terme ou LTD. On pense que la LTD permet de déprimer des signaux d'entrée non pertinents

correspondants à des mouvements erronés. Les erreurs seraient ainsi minimisées et les performances du réseau améliorées, ce qui rendrait possible la mémorisation des mouvements corrects.

De nombreuses études tentent de démontrer le rôle de la plasticité synaptique dans la mémoire en la manipulant avec des composés pharmacologiques sur des animaux de laboratoire. Selon Rosenzweig (1996), des changements synaptiques négatifs et positifs correspondent au stockage en mémoire. Ses travaux démontrent que l'apprentissage et l'expérience dans divers environnements entraînent des changements neurochimiques et neuroanatomiques dans le cerveau des rongeurs. La célèbre expérience de Wiesel et Hubel (1963) démontre que la privation de lumière sur l'oeil d'un jeune chaton réduit le nombre de cellules corticales qui répondent à la stimulation de cet oeil. Ces changements plastiques en réponse à un type particulier d'expérience ne sont pas distribués de façon uniforme à travers le cortex cérébral. Par exemple, certaines études révèlent des changements spécifiques au cortex occipital : des augmentations ont été observées dans l'épaisseur du cortex (Diamond et al, 1964), dans la taille des aires de contact synaptiques (West & Greenough, 1972), dans le nombre d'épines dendritiques par unité de poids des dendrites de base (Globus et al, 1973), dans l'extension des branches dendritiques (Holloway, 1966), et dans le nombre de synapses par neurone (Turner & Greenough, 1985). Cependant, en accord avec l'idée fondamentale de Hebb (les changements synaptiques supportent la formation de réseaux neuronaux), il a été démontré chez de nombreuses espèces que les phénomènes de mémorisation incluent des sites neuronaux largement distribués au sein du système nerveux.

D'un point de vue comportemental, ces changements se traduisent par une meilleure capacité à apprendre et à résoudre des problèmes. A un niveau inférieur, des cascades d'évènements neurochimiques sont à l'origine de ces changements plastiques dans le cerveau. Selon Bennett et al (1972) et Mizumori et al (1985, 1987), la synthèse de protéines durant et après l'apprentissage serait nécessaire à la formation de la MLT alors que la MCT ne nécessiterait pas cette synthèse. Cette distinction valide l'hypothèse de Hebb de deux sortes de traces dans le système nerveux : des traces transitoires, très labiles et des traces stables.

Parallèlement à ces travaux physiologiques, des chercheurs informaticiens construisent des réseaux de neurones artificiels incluant la plasticité synaptique de manière à mettre au point des systèmes modèles capables de reproduire les caractéristiques de notre mémoire. Dans ces réseaux dits neuromimétiques, des neurones formels sont dotés d'un état interne, l'activation, par laquelle ils influencent les autres neurones du réseau. Cette activation se propage le long d'arcs pondérés appelés liens synaptiques. La règle qui régit l'état d'un neurone en fonction de ses pairs est appelée fonction d'activation. Dans ces modèles, l'effet d'un apprentissage se traduit par la modification de l'efficacité synaptique à l'instar des neurones plastiques de Hebb.

Certains modèles de la psychologie cognitive intègrent les données de la neuroscience. Selon Versace (2000), tout traitement de l'information correspond à deux phénomènes : l'activation de traces préexistantes en mémoire et la construction de nouvelles traces. Dans cette perspective, les représentations des connaissances sont sans cesse reconstruites et modifiées dans le système nerveux au sein de réseaux de

neurones. Ce modèle tente de rendre compte dans une perspective dynamique, de la stabilité de nos connaissances conceptuelles ainsi que de leur adaptation permanente à l'environnement, ce qui suppose des traces labiles et des traces stabilisées en mémoire.

## VI. Les représentations : résumé et conclusion

La notion de représentation est étroitement liée à l'avènement de la théorie du traitement de l'information, de l'utilisation de l'ordinateur comme métaphore du fonctionnement mental et de la logique contemporaine en tant que langage de la machine.

Selon le traitement de l'information, le système cognitif est caractérisé par des entités abstraites, les représentations, sur lesquelles opèrent des traitements à l'instar des ordinateurs. Ces derniers nécessitent des symboles interprétables sémantiquement pour l'utilisateur, ce qui rend incontournable le recours à la notion de représentation. La logique permet de formaliser une suite d'opérations et constitue le système de représentation abstrait utilisé dans le fonctionnement de l'ordinateur.

La représentation est donc au centre de la psychologie cognitive classique selon laquelle le fonctionnement cognitif se caractérise par du traitement sur de l'information dite symbolique. Cette information symbolique correspond à des états mentaux, les représentations dont le contenu est psychologiquement interprétable.

Cette perspective distingue deux formes de représentation : des représentations qui sont des connaissances bien stabilisées en mémoire et des représentations labiles construites en fonction d'une expérience particulière. Elle distingue également deux types de mémoire : la mémoire conceptuelle où sont stockés les concepts et la mémoire épisodique où sont stockés les souvenirs liés à des expériences spécifiques. Ces deux systèmes de mémoire fondent de nombreux modèles dans le paradigme dit cognitiviste.

La psychologie cognitive distingue trois types de représentations :

1.  
Des représentations conceptuelles très abstraites, dépendantes du langage et bien stabilisées en mémoire.
2.  
Des représentations imagées moins abstraites, pouvant être des connaissances stables ou des connaissances labiles et spécifiques à une situation.
3.  
Des représentations liées à l'action, très concrètes pouvant être des connaissances stables telles des procédures automatiques ou des connaissances plus labiles permettant une adaptation à l'environnement.

La psychologie génétique nous permet de comprendre l'acquisition des représentations chez le jeune enfant. L'enfant acquiert tout d'abord des représentations liées à l'action dans des situations d'apprentissage dites apprentissage par l'action avec l'émergence de



la pensée sensori-motrice. Puis, la pensée représentative se dégage de l'action et lui permet d'acquérir des représentations imagées. Enfin, les représentations conceptuelles apparaissent avec la pensée logique et l'acquisition d'instruments conceptuels complexes. On retrouve dans cette conception évolutive de Piaget les trois types de représentations que distingue la psychologie cognitive.

La psychologie animale et les données de l'éthologie témoignent de l'existence de certaines représentations chez les mammifères supérieurs. Ceux-ci semblent avoir une représentation structurée de leur environnement et la capacité de s'adapter à diverses situations. Les animaux auraient donc accès aux représentations liées à l'action et aux représentations imagées. Cependant, ils ne semblent pas avoir accès aux représentations conceptuelles qui nécessitent l'utilisation du langage dans sa fonction symbolique.

Ainsi, cette distinction que la psychologie cognitive situe sur une échelle d'abstraction (représentations conceptuelles, imagées et liées à l'action) se retrouve dans l'ontogenèse à travers le développement de l'enfant mais aussi dans la phylogenèse à travers le développement des espèces.

Enfin, les neurosciences démontrent une perspective radicalement différente de cette notion de représentation. Leur conception est dépendante de la compréhension du fonctionnement du cerveau et trouve sa source dans les réseaux de neurones et la plasticité des synapses. Les représentations ne sont plus des entités symboliques stables stockées en mémoire mais des phénomènes cognitifs émergeant de phénomènes nerveux qui fonctionnent en parallèle. Elles sont issues et codées par l'activité nerveuse d'une assemblée de neurones et se modifient sans cesse grâce aux propriétés plastiques du cerveau. Cette perspective ne nécessite plus de distinguer différents systèmes de mémoire. Elle interprète la mémoire comme un seul système dynamique aux multiples propriétés et fonde les modèles épisodiques et le paradigme connexionniste.

Ces quelques réflexions sur les représentations nous ont permis de voir combien cette notion est liée aux grands paradigmes théoriques de la cognition. Bien que central en psychologie cognitive, ce terme croise différentes approches et ses diverses interprétations ont profondément influencé les grandes théories de la mémoire. Ainsi, les modèles de mémoire trouvent leurs références dans la définition même de cette notion de représentation. En retour, cette définition trouve sa pertinence au sein de chaque modélisation.



## B. LA MÉMOIRE

### I. Introduction

La mémoire est un enjeu majeur en psychologie cognitive car elle intervient dans l'ensemble des activités cognitives. Elle n'est plus abordée comme une fonction mentale parmi d'autres mais comme une propriété inhérente à toutes les fonctions mentales. Cet intérêt assez récent est lié au développement des recherches à partir des années 60 en psychologie cognitive, en informatique et en intelligence artificielle. C'est donc l'émergence des sciences cognitives qui a fait de la mémoire un concept théorique central. Jusque là, celle-ci était simplement définie comme la capacité à se rappeler les événements du passé mais cette définition s'est avérée trop restreinte pour rendre compte de l'ensemble des propriétés de ce système. En effet, la mémoire ne concerne pas seulement le passé, mais elle influe sur notre présent car elle détermine notre perception et nos interprétations du monde (Tiberghien, 1997). La tendance à reconstruire le passé en fonction du présent lui confère un rôle d'adaptation très important : nous reconstruisons notre histoire dans un sens qui nous est favorable. La mémoire trie les informations, les organise nous permettant ainsi de détecter ce qui est nouveau dans notre environnement. Enfin, elle nous permet l'acquisition de nouvelles connaissances. Toutes ces fonctions de la mémoire renvoient à cette propriété essentielle mise en avant par D. Hebb : la plasticité du système cognitif humain, c'est-à-dire sa capacité de

changement au cours du temps et d'adaptation à de nouveaux environnements.

Selon Tiberghien (1997), la mémoire n'est pas une simple forme de la cognition, celle du passé, mais elle est la forme même de la cognition. Le concept de mémoire est plus fondamental que celui de cognition, la mémoire pouvant être définie comme une propriété émergente d'un système cognitif.

Selon l'angle sous lequel nous étudions le problème (expérimentation sur des sujets normaux en psychologie cognitive, étude des pathologies sur des sujets souffrant de lésions cérébrales en neuropsychologie, méthodes d'imagerie cérébrale en neurosciences, simulation informatique en intelligence artificielle, etc...), la question de la nature de la mémoire semble mieux s'interpréter à la lumière d'un cadre théorique particulier. Il apparaît à travers la pluridisciplinarité des sciences cognitives que la complexité du système cognitif humain nécessite des approches différentes ayant leurs propres modèles. On trouve dans la littérature deux grands paradigmes selon la métaphore de l'ordinateur ou la métaphore du cerveau : paradigme cognitiviste ou paradigme connexionniste. Le cerveau et l'ordinateur possèdent tous deux une mémoire provisoire (mémoire à court terme et mémoire vive) et une mémoire stable (mémoire à long terme et mémoire morte). Cependant, nous pensons que la mémoire n'est pas une accumulation passive d'informations comme c'est le cas dans un ordinateur mais le résultat du traitement actif de l'information par le système nerveux.

En dépit des divergences, une question reste centrale dans la littérature : Doit-on parler d'une architecture ou d'architectures de la mémoire ? La mémoire est-elle composée de structures modulaires ayant chacune leurs propriétés et traitant de l'information symbolique ou est-elle un système dynamique distribué, aux propriétés multiples, à l'intérieur duquel les connaissances sont issues des propriétés du cerveau ?

Pour certains auteurs, le terme multiples systèmes de mémoire réfère à l'idée que deux ou plusieurs systèmes sont caractérisés par des règles d'opération fondamentalement différentes. Pour d'autres auteurs, le fait que différents types d'informations sont représentés dans la mémoire et correspondent à des régions différentes du cerveau n'implique pas nécessairement l'existence de multiples systèmes opérant selon des règles distinctes.

Bien sur, la mémoire doit être capable d'abstraire des connaissances générales de la multitude d'expériences et d'environnements auxquels nous sommes confrontés tout au long de notre vie. Mais elle doit être également en mesure de conserver des souvenirs particuliers, c'est-à-dire des connaissances liées à des événements spécifiques. Au centre de tous les débats théoriques actuels se pose la question de savoir si un seul système peut assurer ces deux fonctions.

La recherche proposée ici postule l'existence d'un seul système de mémoire à l'intérieur duquel les phénomènes mentaux s'interprètent en termes de configuration d'activité sur les unités du système plutôt qu'en termes de manipulation symbolique. Dans cette perspective, la traditionnelle distinction entre mémoire sémantique ou mémoire des concepts et mémoire épisodique ou mémoire des événements spécifiques n'est pas pertinente pour expliquer la nature et l'organisation des connaissances en mémoire. Les connaissances ne seraient pas stockées de façon abstraite et amodale dans une

---

mémoire spécifique aux concepts : elles seraient sans cesse reconstruites par l'activation de traces mnésiques préexistantes au sein du système nerveux et sans cesse modifiées par la construction de nouvelles traces. La mémoire vue ainsi comme un processus dynamique serait constituée de traces multidimensionnelles et épisodiques activées en parallèle au moment de la récupération d'une connaissance. Cette trace conservée se modifierait à l'intérieur d'une architecture connexionniste où l'information est distribuée sur un ensemble d'unités du système. Ce type d'architecture proche de la réalité physiologique peut expliquer les caractéristiques de la mémoire comme l'évolution permanente de nos connaissances et leur adaptation aux changements de contexte.

## II. Différentes formes de modèles de mémoire dans la littérature

L'étude de la mémoire nécessite la modélisation de son fonctionnement. Celle-ci doit préciser la nature et le format des unités mnésiques ainsi que leur organisation à travers une architecture donnée. Enfin, elle doit définir les règles de fonctionnement des opérations d'encodage, de stockage et de récupération de l'information.

On trouve dans la littérature des modèles variés, allant des interprétations extrêmes des modèles dits abstractionnistes ou symboliques aux modèles épisodiques. Selon le type de modèles, la distinction entre l'organisation et la nature des connaissances est plus ou moins marquée. Très prononcée dans les modèles abstractionnistes, cette distinction tend à s'estomper voire même à disparaître dans les modèles épisodiques. Dans les modèles connexionnistes, la nature des connaissances est étroitement dépendante de leur architecture car le passage de la structure à la fonction s'explique avec les propriétés du cerveau.

Les modèles de type symbolique tendent d'une part de définir les propriétés de la connaissance et d'autre part de chercher une organisation capable de rendre compte de ces propriétés. De ce fait, certains travaux portant uniquement sur la mémoire sémantique ont modélisé soit l'organisation des unités mnésiques (Quillian, 1969 ; Collins & Quillian, 1969 ; Collins & Loftus, 1975), soit la nature de ces unités (Rosch & Mervis, 1975). D'autres auteurs ont travaillé sur l'existence de mémoires spécifiques, distinguant différents systèmes mnésiques (Tulving, 1983, 1984, 1985, 1995 ; Anderson, 1976, 1983, 1990). Selon ces derniers, les connaissances sont organisées en mémoire en fonction de leur nature (connaissances sémantiques, épisodiques, déclaratives, procédurales).

Ces modèles se situent dans la perspective cognitiviste qui distingue plusieurs types de représentations et donc différentes mémoires. Ils se réfèrent aux propriétés de fonctionnement des ordinateurs de type Von Neumann (1958), d'où la 'métaphore spatiale'. Selon celle-ci, la mémoire est un espace où sont stockées des unités d'information à des adresses précises à l'instar des ordinateurs. Ces modèles sont dits fonctionnalistes car ils tentent de modéliser des processus psychologiques sans se préoccuper d'une quelconque réalité physiologique.

Les modèles épisodiques se fondent sur la nature entièrement épisodique des connaissances, d'où l'existence d'un seul système de mémoire. Dans cette perspective, les unités d'information sont des exemples (Medin & Schaffer, 1978 ; Nosofsky, 1986, 1988, 1991) ou des traces (Hintzman, 1986, 1987, 1988, 1990) qui codent des expériences spécifiques et au sein desquels émergent les connaissances sémantiques. L'accumulation de multiples traces ou d'exemples et leur récupération en fonction du contexte permettrait le stockage et la récupération d'un événement spécifique ou d'un concept.

La démarche des modèles connexionnistes est d'émettre des hypothèses sur l'architecture de la mémoire puis d'en déduire les propriétés des connaissances. Selon ces modèles dit réseaux de neurones, les phénomènes cognitifs sont issus de l'activité du système nerveux. L'information est codée, traitée et récupérée de façon distribuée au sein de larges réseaux qui fonctionnent en parallèle. Ces modèles se basent sur les propriétés du cerveau, en particulier la très grande densité d'interconnexions entre neurones et leur auto organisation, d'où la 'métaphore du cerveau'. Ils ont radicalement remis en question la 'métaphore spatiale' qui, à la lueur des travaux contemporains est une conception statique de la mémoire.

### **III. Une architecture cognitive de la mémoire : les modèles de type symbolique ou abstractionniste**

Ces modèles se basent sur une architecture dont les principaux concepts viennent des sciences de l'ordinateur. Dans cette perspective, l'ordinateur et le système cognitif humain sont des systèmes de traitement de l'information, en référence au plus familier, l'ordinateur digital de type Von Neumann (1958). Dans l'architecture Von Neumann, les unités d'information sont implémentées physiquement à des adresses précises. Le fonctionnement de la machine est une suite d'opérations de calculs logiques ou 'computations' qui opèrent sur des symboles d'où également l'appellation 'simulation computo-symbolique'. Ces symboles sont des unités mnésiques de haut niveau d'organisation du genre mots, phrases, images, nombres, opérateurs mathématiques, etc. Les unités d'information implémentées dans la machine n'ont de sens que par leur correspondance avec ces symboles familiers sémantiquement interprétables.

#### **1. Les modèles de la mémoire sémantique**

---

Selon certains de ces modèles, la mémoire ne contiendrait que des connaissances générales abstraites d'expériences spécifiques, d'où l'appellation modèles abstractionnistes. Dans la littérature, on les trouve également sous le nom de modèles associationnistes car ils définissent l'unité mnésique en référence à la traditionnelle théorie de l'association. Selon cette théorie, les unités mnésiques sont des concepts ou noeuds, c'est-à-dire des unités abstraites dont la fonction est d'entrer en association.

L'approche associationniste trouve son origine chez les Anglais James Mill (1863) et David Hume (1739) et ses premières interprétations expérimentales avec Ebbinghaus (1964). L'idée est que toute forme de mémorisation consiste en l'établissement d'associations entre unités avec une propriété essentielle : si une association est formée entre deux unités, l'activation ultérieure d'une unité réactive l'autre. Pour Ebbinghaus, les unités étaient des représentations mentales, des listes de mots ou de syllabes que le sujet devait mémoriser, l'apprentissage consistant en l'établissement de nouvelles associations entre ces unités.

### 1.1. La théorie de la diffusion de l'activation dans le traitement sémantique de Collins et Quillian (1969)

Un des premiers modèles s'inscrivant dans cette perspective est celui de Collins et Quillian (1969), les auteurs de la théorie de la diffusion de l'activation. Selon eux, la recherche en mémoire correspond à une diffusion de l'activation dans un réseau sémantique. L'activation se diffuse à partir d'un concept amorcé jusqu'à ce qu'une intersection avec un autre concept pertinent soit trouvée. Le modèle représente l'architecture de la mémoire comme un vaste réseau sémantique à l'intérieur duquel l'information est codée et organisée de façon abstraite et amodale. Les connaissances y sont stockées sous forme de concepts en des lieux précis, les noeuds du réseau. Ces noeuds sont reliés entre eux de façon hiérarchique par des liens qui représentent les propriétés du concept en fonction de ses liens avec d'autres concepts. Ainsi, la signification d'un concept dépend du réseau entier qui le représente.

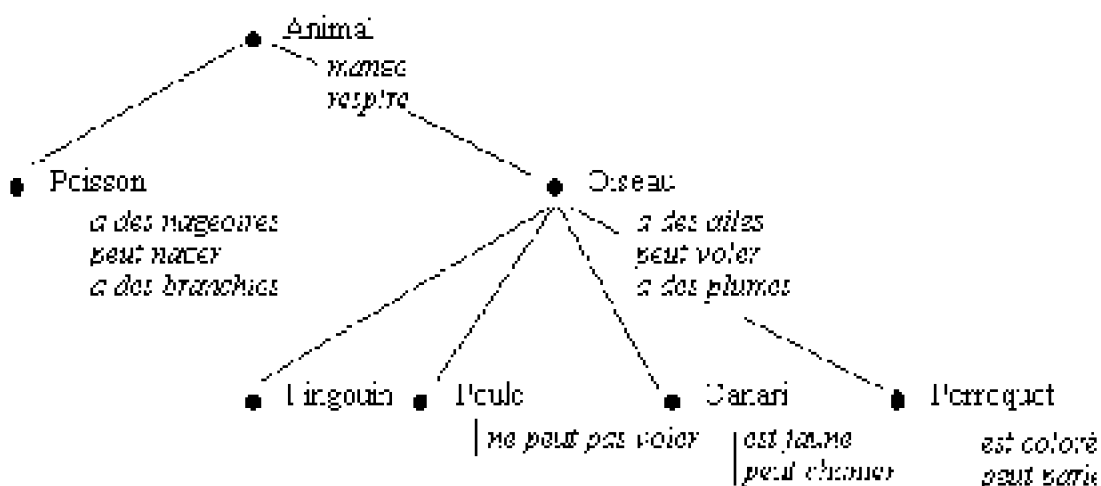


Figure 1. Réseau sémantique de Collins et Quillian (1969)

Selon Collins et Quillian (1969, 1972), les liens sont supposés avoir différentes valeurs d'accessibilité en fonction de la fréquence d'utilisation des concepts qu'ils relient.

La récupération de l'information se fait par l'activation des noeuds et la propagation de l'activité le long des branches du réseau. L'activation se diffuse tout d'abord à tous les noeuds liés au premier noeud puis à tous les noeuds liés à chacun de ces noeuds et ainsi de suite. Les concepts sont évoqués à la suite d'une recherche active, d'où la

comparaison avec une mémoire d'ordinateur. Afin d'évaluer une relation entre deux concepts, les sujets recherchent dans le réseau des liens entre les noeuds qui représentent ces concepts.

Le modèle distingue deux types de noeuds : les noeuds 'catégories' (type nodes) qui représentent les catégories du langage naturel et les noeuds 'exemplaires' (token nodes) qui représentent les individus de ces catégories.

Il existe cinq types de relation entre les noeuds du réseau : des relations de surordination-subordination entre un noeud catégorie et un noeud exemplaire, des relations de modification et des relations de conjonction-disjonction entre des noeuds exemplaires.

Selon le postulat de 'la faible théorie de l'économie cognitive', la catégorisation d'un exemplaire dans un concept général ne nécessite pas de stocker toutes les propriétés du concept avec l'exemplaire. Par exemple, le fait d'apprendre que X est un oiseau n'impose pas de stocker toutes les propriétés des oiseaux avec X. Une inférence de la part du sujet permet de décider que X peut voler.

Une modélisation informatisée du réseau permet de simuler cette recherche. Celle-ci se fait en deux temps : le réseau active les deux noeuds pour lesquels il cherche une relation puis l'activation se diffuse à tous les noeuds liés à ces noeuds sources. A chaque noeud rencontré, le système laisse un indice (tag) qui indique le noeud précédent et le noeud source. Un noeud relie deux concepts quand apparaissent sur ce noeud les indices correspondant aux deux noeuds sources initiaux. C'est une intersection entre deux noeuds. En suivant les indices des noeuds de départ, le chemin qui conduit à l'intersection peut être reconstruit. Quand une intersection a été trouvée, il est nécessaire de refaire le chemin de l'activation pour décider si elle satisfait aux contraintes de la syntaxe et du contexte. Ceci permet au programme d'évaluer l'ensemble du réseau parcouru par l'activation afin de déterminer la nature de la relation entre les deux concepts initiaux. Ce type de règle de décision est utilisé par Collins et Quillian (1969) dans la compréhension de phrases. Par exemple, dans la phrase 'the fall leaves' un chemin trouvé entre le concept 'to fall' et le concept 'tree leaf' doit être rejeté comme une mauvaise interprétation, parce que la syntaxe exige une forme de 'fall' correspondant à l'interprétation. Quand un chemin activé est rejeté, d'autres chemins sont considérés dans l'ordre dans lequel ils sont activés.

Plutôt que de rendre compte de données expérimentales, la théorie de Quillian avait pour objectif d'implémenter le traitement et l'architecture de la mémoire sémantique humaine et la recherche en mémoire dans les ordinateurs. Le fait que cette théorie ait été développée comme un programme informatique lui a imposé certaines contraintes et a rendu sa validité psychologique peu réaliste.

### **1.2. La théorie approfondie de Collins et Loftus (1975)**

Le modèle de Collins et Loftus (1975) consiste essentiellement en une révision du modèle précédent. Selon ces auteurs, une version élaborée de la théorie de Collins et Quillian (1969) peut rendre compte des nombreux résultats expérimentaux recensés dans le domaine de la recherche sur la mémoire. Ce modèle retient du précédent la



représentation en réseau. Cependant les noeuds ou concepts ne sont pas reliés entre eux de façon hiérarchique. L'organisation du réseau (sa densité, la longueur des liens associant deux concepts, le nombre de liens associant un concept à d'autres concepts) dépend de la relation sémantique entre les concepts ou distance sémantique.

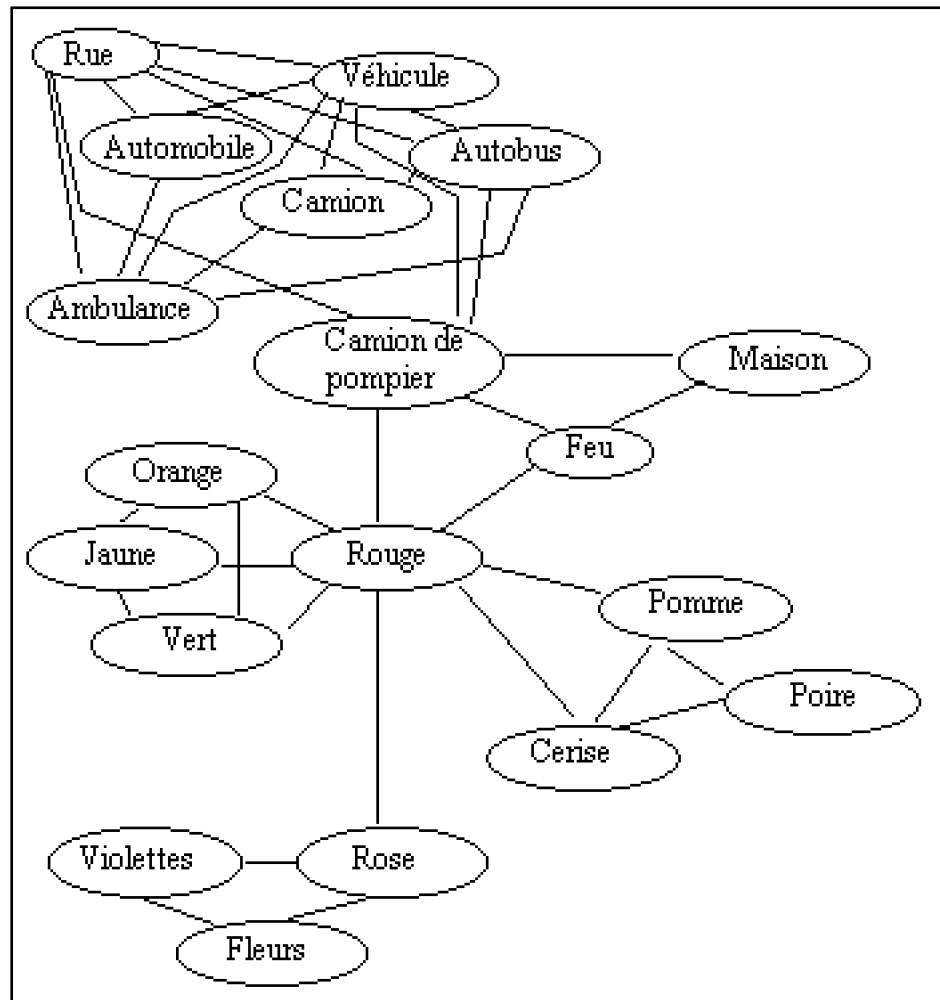


Figure 2. Réseau sémantique de Collins et Loftus (1975)

Collins et Loftus (1975) émettent deux ensembles de postulats concernant le processus de diffusion de l'activation.

1.

Les postulats locaux rendent compte de règles applicables à un niveau élémentaire : quand un concept est activé, l'activation se diffuse dans le réseau selon un gradient décroissant inversement proportionnel à l'accessibilité ou force des liens entre les noeuds. L'activation ne peut commencer qu'à un seul noeud à la fois, cette limitation étant due à la nature sérielle du traitement de l'information (Collins & Quillian, 1972). Elle peut ensuite se diffuser en parallèle à partir du noeud source. La quantité d'activation se partage entre les noeuds activés, plus le nombre de noeuds activés est important, moins l'activation de chaque noeud sera élevée. Pour qu'un concept puisse

être activé, il faut que la somme totale d'activation qui lui parvient de différents noeuds atteigne une valeur seuil.

2.

Les postulats globaux rendent compte de l'organisation générale de la mémoire : il existe un réseau sémantique organisé autour de la similarité sémantique. Deux concepts seront d'autant plus liés qu'ils possèdent de propriétés en commun, donc de liens les réunissant. La relation sémantique est basée sur le nombre d'interconnexions entre deux concepts. Il existe un réseau lexical organisé en fonction de la ressemblance phonétique. Les liens de chaque noeud dans le réseau lexical correspondent aux propriétés phonétiques du nom. Chaque noeud dans le réseau lexical est connecté à un ou plusieurs noeuds dans le réseau sémantique. Le réseau lexical stocke les noms des concepts, le réseau sémantique stocke leur sens. Ainsi, l'accès à un concept stocké peut-être réalisé soit à partir du réseau lexical, c'est-à-dire à partir de la ressemblance phonétique, soit à partir du réseau sémantique, par le biais de la signification.

Selon les auteurs, un nombre de preuves suffisantes (sufficient evidence) est nécessaire pour atteindre un critère de décision positif ou négatif afin de décider si deux concepts s'appartiennent. Par exemple, une tâche de catégorisation du genre : X est-il un Y ? (où X et Y sont des concepts) fait appel à ce type de procédure que les auteurs nomment traitement de l'appariement sémantique (semantic matching process). L'évidence consiste en une variété d'intersections trouvées durant la recherche en mémoire. Une preuve positive équivaut à un chemin selon lequel deux concepts partagent une ou des propriétés. Une preuve négative équivaut à un chemin qui établit que deux concepts ne partagent aucune propriété.

Selon leur objectif, Collins et Loftus (1975) expliquent certains résultats expérimentaux avec la théorie de la diffusion de l'activation ainsi complétée.

Dans une de leurs expériences, Freedman et Loftus (1971) ont demandé à des sujets de produire un exemplaire d'une catégorie qui commence par une lettre donnée ou est caractérisé par un adjectif donné. Sur certains essais, la catégorie était donnée en premier, sur d'autres essais en second. Les auteurs obtiennent un temps de réaction plus court quand la catégorie est donnée en premier plutôt que la lettre ou l'adjectif, même si l'exemplaire donné est plus fréquemment associé à l'adjectif qu'à la catégorie. Selon Collins et Loftus (1975), la présentation de la catégorie entraîne une quantité d'activation qui se diffuse au milieu d'un petit nombre de concepts étroitement reliés, alors que quand l'adjectif ou la lettre sont présentés en premier, l'activation se diffuse à une bien plus large série de concepts qui ne sont pas particulièrement reliés les uns aux autres.

Dans une expérience de catégorisation un peu différente, Loftus (1973) a utilisé quatre paires de stimulus catégorie-exemplaire : la catégorie et l'exemplaire s'évoquaient l'un l'autre avec une haute fréquence, la catégorie évoquait l'exemplaire avec une haute fréquence alors que l'exemplaire évoquait la catégorie avec une basse fréquence, la catégorie évoquait l'exemplaire avec une basse fréquence alors que l'exemplaire évoquait la catégorie avec une haute fréquence, la catégorie et l'exemplaire s'évoquaient l'un l'autre avec une basse fréquence. Selon les résultats, les temps de réaction des sujets sont les plus courts quand la catégorie est présentée d'abord si elle évoque l'exemplaire

avec une haute fréquence et quand l'exemplaire est présenté d'abord si il évoque la catégorie avec une haute fréquence. La théorie de la diffusion de l'activation explique ces résultats en supposant que la fréquence est une mesure de la force ou de l'accessibilité du chemin qui conduit d'un concept à un autre. Ainsi, une plus grande quantité d'activation est diffusée et ceci prend moins de temps pour atteindre le seuil d'une intersection. La quantité d'activation avec laquelle le premier concept amorce le second détermine le temps de réaction.

Meyer et Schvaneveldt (1971) ont montré dans une expérience de classification de séries de mots et de non-mots que le temps nécessaire pour retrouver une information en mémoire est plus court si l'information est reliée à un stimulus antérieurement activé. Par exemple, le temps nécessaire pour classer 'beurre' comme un mot est plus court si 'beurre' est précédé de 'pain' que si il est précédé de 'neurse'. Les auteurs expliquent leurs résultats en termes de diffusion de l'activation.

Une limite importante de ces modèles réside dans l'organisation strictement hiérarchique de ces réseaux selon laquelle plus le nombre de liens entre deux noeuds est grand, plus le temps de vérification de l'existence d'une relation est long. Ce type d'architecture proche du fonctionnement de l'ordinateur reste discutable en ce qui concerne la mémoire humaine.

Une autre limite réside dans le fait que les unités mnésiques, c'est-à-dire les noeuds sont des entités vides dans la mesure où un concept n'est défini que par rapport à l'ensemble des noeuds auxquels il est lié. De plus, tous les exemplaires d'une même catégorie sont jugés équivalents, ce qui est une conception statique de l'unité mnésique. Des travaux plus spécifiques sur la nature des connaissances ont fait évoluer cette notion de concept en introduisant la notion de prototype aux frontières plus floues et malléables.

Ainsi, Rosch et Mervis (1975) ont proposé le concept de prototype comme élément structurant des représentations catégorielles afin de décrire la complexité des représentations de façon moins naïve que les réseaux sémantiques. Leur théorie du prototype postule que, dans la formation d'un concept, seuls les traits typiques d'une information sont retenus. Le prototype est créé par abstraction des aspects typiques des membres d'une catégorie et le concept est la représentation résumée de cette catégorie. De ce fait, les exemplaires d'une même catégorie ne sont pas équivalents. Certains sont évoqués plus facilement que d'autres car ils sont plus représentatifs de leur catégorie. Ils sont dits prototypiques. Ainsi, les catégories seraient structurées autour d'un prototype pouvant subir de fortes variations culturelles.

Cependant, en postulant des unités d'information acontextualisées aux propriétés relativement stables et définies, les modèles de la mémoire sémantique n'ont rendu compte que des propriétés abstraites de la mémoire. Ils n'ont pas pris en compte le rôle du contexte et le fait que certaines de nos connaissances sont liées à des événements particuliers. Selon Barsalou (1985, 1987, 1990), le rôle du contexte est fondamental dans le traitement de l'information. Pour cet auteur, les gradients de typicalité sont instables : ils varient d'un sujet à un autre et pour un même sujet d'un contexte à un autre.

Ces limites ont donc incité certains auteurs à distinguer une structure mnésique chargée de stocker les informations contextualisées, rattachées à un épisode de

traitement, d'où la théorie des multiples systèmes de mémoire.

## 2. La modélisation de différents systèmes de mémoire

---

Selon certains modèles, la mémoire est composée de multiples systèmes, chaque système étant dévolu à une fonction particulière et opérant selon des règles différentes.

### 2.1. Le modèle de Tulving (1983, 1984, 1995)

Tulving (1983) distingue la mémoire sémantique et la mémoire épisodique. Selon lui, des traits distinctifs permettent de séparer ces deux types de mémoire :

La mémoire sémantique contient des informations ayant un caractère permanent et qui sont indépendantes du contexte. Ces informations ne sont pas organisées selon un ordre temporel et reflètent des connaissances générales.

La mémoire épisodique contient des informations ayant un caractère labile, susceptibles d'être oubliées et qui sont dépendantes du contexte. Elles sont organisées selon un ordre temporel et concernent des événements mémorisés.

Dans cette perspective, le souvenir d'un épisode personnel est séparé de son contenu sémantique, ce qui soulève le problème du sens des événements et pose la question du lien entre un événement particulier et la connaissance générale.

Tulving (1984) fait donc évoluer son modèle : la mémoire sémantique et la mémoire épisodique ne seraient pas des structures totalement distinctes. La mémoire épisodique serait un sous-système incarné dans la mémoire sémantique. Selon cette position, des systèmes de mémoire distincts ont émergé à différents stades de l'évolution des espèces et émergent à différentes étapes dans le développement individuel. Quand un nouveau système de mémoire se développe, il permet l'acquisition de nouvelles fonctions. Le nouveau système est intégré aux anciens, cette combinaison permettant de meilleures performances.

Tulving propose une classification ternaire de la mémoire : la mémoire procédurale, la mémoire sémantique et la mémoire épisodique.

La mémoire procédurale est constituée de connexions apprises entre des stimuli et des réponses adaptées à l'environnement, c'est-à-dire des représentations liées à l'action.

La mémoire sémantique est caractérisée par la capacité de mémoriser des représentations du monde qui ne sont pas perceptivement présentes, c'est-à-dire des représentations conceptuelles.

La mémoire épisodique possède la capacité d'acquérir et de coder des connaissances concernant des expériences personnelles ainsi que la capacité de revenir en arrière dans le temps. Elle contient donc des constructions circonstancielles, c'est-à-dire des représentations construites en fonction des circonstances.

Ces trois systèmes de mémoire sont agencés selon un mode hiérarchique. Au plus bas niveau de la hiérarchie se trouve la mémoire procédurale qui contient la mémoire sémantique, la mémoire sémantique contenant à son tour la mémoire épisodique. Chaque système dépend du ou des sous-systèmes du niveau inférieur mais fonctionne selon ses propres caractéristiques que ne possèdent pas le ou les sous-systèmes inférieurs. Ainsi, la mémoire sémantique peut fonctionner indépendamment de la mémoire épisodique mais pas de la mémoire procédurale. La mémoire épisodique dépend à la fois de la mémoire procédurale et sémantique, bien qu'elle possède ses propres caractéristiques.

Chaque système diffère dans sa méthode d'acquisition, de représentation et d'expression de la connaissance, ainsi que dans le type de conscience qui caractérise ses opérations.

Dans le système procédural, la représentation de l'information est acquise par l'action. Elle fournit une empreinte pour l'action future sans contenir d'information au sujet du passé. L'expression de la connaissance est directe et correspond à des réponses comportementales selon un schéma relativement rigide déterminé au moment de l'apprentissage. Ce système est associé à un type de conscience non connu ou 'anoetic' qui permet aux organismes de réagir aux stimulations externes et internes. Les plantes, les animaux très simples et les ordinateurs possèdent ce type de conscience.

Dans le système sémantique, l'acquisition des connaissances se fait à travers des réponses intériorisées du système cognitif. L'apprentissage est une restructuration interne de l'information. La représentation est abstraite, elle n'exige pas d'action particulière. L'expression de la connaissance est flexible et peut revêtir différentes formes comportementales. La conscience connue ou 'noetic' associée à ce système de mémoire permet à travers une introspection consciente la connaissance du monde. Certains animaux, de très jeunes enfants et des patients souffrant de lésions cérébrales ont accès à cette conscience 'noetic'.

Dans le système épisodique, l'acquisition des connaissances est la même que dans le système sémantique et l'apprentissage se fait par addition des informations. Les représentations du système épisodique relient les événements associés à l'identité personnelle du sujet dans le temps et dans l'espace. Le mode d'expression du souvenir est une recombinaison de l'information. La conscience auto connue ou 'auto-noetic' permet au sujet d'être conscient de son identité dans un continuum passé-présent-futur. Les animaux, les très jeunes enfants et les patients souffrant de certaines lésions cérébrales n'y ont pas accès. Cependant, cette auto conscience peut être endommagée ou détruite, sans préjudice aux autres formes de conscience.

Selon Rousset (2000), la synthèse théorique de Tulving (1995) met en avant la hiérarchie et la dépendance des différents systèmes entre eux. Dans son modèle SPI (Sériel Parallèle Indépendant), la récupération de l'information dans les différents systèmes mnésiques peut se faire de façon indépendante et en parallèle. Cependant, l'encodage en mémoire épisodique est dépendant d'un encodage préalable en mémoire sémantique (récupération sérielle). Les informations en mémoire épisodiques ont des composantes sémantiques .

## 2.2. Les modèles d'Anderson (1976, 1983, 1990)

Les travaux d'Anderson ont pour objectif de modéliser les origines de la connaissance humaine. Ses modèles dits propositionnels font l'hypothèse que les concepts sont stockés sous forme de propositions, la proposition étant la plus petite unité cognitive pouvant donner du sens à une phrase.

Ses théories s'inspirent des travaux de Newell et Simon (1972) sur la résolution de problèmes dont les concepts de base appartiennent au domaine de l'intelligence artificielle. Ainsi, dans son modèle, les fonctions cognitives sont réalisées par des règles de production.

Il travaille tout d'abord sur un système nommé HAM (Anderson & Bower, 1973) qui est une théorie de la connaissance déclarative humaine. Puis, son modèle ACT (Anderson, 1976) rajoute au système déclaratif un système procédural sous la forme d'un système de production. En 1983, le modèle ACT\* intègre une théorie élaborée de l'acquisition de règles de production. Enfin, le système PUP (Anderson, 1990) remédie aux faiblesses du système ACT\*. PUP est donc le modèle le plus complet d'Anderson sur l'acquisition de la connaissance humaine.

L'architecture des modèles ACT et ACT\* est composée de trois systèmes de mémoire :

• Une mémoire de travail qui gère les entrées et les sorties du système.

• Une mémoire déclarative qui stocke les faits et les concepts sous divers formats (propositions, images, etc).

• Une mémoire procédurale qui stocke des procédures sous la forme de règles de production.

La mémoire de travail est en relation avec les mémoires déclarative et procédurale par un processus de diffusion de l'activation. L'information venant de l'environnement est stockée tout d'abord dans la mémoire de travail sous une forme déclarative. Elle peut transiter dans la mémoire déclarative sous forme de faits généraux, ceux-ci pouvant être ensuite retransférés dans la mémoire de travail. Elle peut être enregistrée dans la MLT pour une utilisation future et récupérée dans la mémoire de travail si nécessaire.

Les procédures peuvent de leur côté additionner des buts et des faits en mémoire de travail, ces faits pouvant être stockés en mémoire à long terme. Elles sont créées à travers un système d'apprentissage qui inspecte les traces des procédures antérieures. L'apprentissage procédural est un apprentissage par le 'faire'.

La mémoire de travail est la partie activée de la connaissance, cette activation déclinant rapidement si elle n'est pas réactivée. Ce processus de déclin affaiblit les connaissances ou procédures peu utilisées et renforce les connaissances ou procédures les plus utilisées. De ce fait, l'apprentissage correspond à des changements en mémoire

déclarative ou en mémoire procédurale.

Le modèle ACT\* contient deux types de mécanismes : le mécanisme de compilation et le mécanisme d'induction.

La compilation de la connaissance est un processus permettant de transformer la connaissance déclarative en connaissance procédurale, c'est-à-dire de former à partir de faits déclaratifs des procédures à usage spécifique.

Le mécanisme d'induction permet de généraliser des procédures à travers une règle de production générale puis de restreindre la généralité à des règles de production qui nécessitent des distinctions. Ce processus d'apprentissage inductif est automatique et n'est donc pas soumis à des stratégies conscientes de la part du sujet.

Cependant, le fait que des sujets humains développent des stratégies a conduit les auteurs à réviser quelques points à travers le modèle PUPS qui intègre des mécanismes d'analogie et d'inférence causale. Le système commence avec une série de règles qui permettent d'inférer de l'expérience du sujet des relations causales.

Le modèle PUPS distingue trois niveaux de connaissance :

Le niveau de connaissance qui concerne l'information extraite de l'environnement et est associé à l'encodage de la connaissance déclarative. Le type d'apprentissage de ce niveau est empiriste. Il consiste à encoder des représentations déclaratives issues de l'environnement et de l'expérience.

La connaissance au niveau algorithmique qui réfère aux inductions et déductions internes. Le type d'apprentissage de ce niveau est rationaliste, c'est-à-dire qu'il est le résultat de raisonnements ou de computations internes.

La connaissance au niveau implémentation qui prend la forme des jeux de force dans l'encodage d'informations spécifiques. Le type d'apprentissage de ce niveau est nativiste (acquis de façon innée). Il consiste en l'ajustement des forces qui permettent le renforcement de la connaissance déclarative et procédurale en fonction de sa fréquence d'utilisation et de son adéquation.

Ainsi, ces deux auteurs défendent l'idée de différents systèmes mnésiques et proposent une classification ternaire de la mémoire.

Tulving (1983, 1984, 1995) distingue trois systèmes de mémoire : la mémoire procédurale, la mémoire sémantique et la mémoire épisodique. Ces trois systèmes sont dépendants les uns des autres de façon hiérarchique et sont associés à différents niveaux de conscience. Ils sont apparus progressivement dans l'échelle de l'évolution, de même qu'ils émergent progressivement chez un individu. Dans cette perspective, la mémoire est le fruit d'un processus évolutif, la mémoire procédurale précédant la mémoire sémantique,

la mémoire sémantique précédant la mémoire épisodique dans le développement phylogénétique et ontogénétique.

Anderson (1976, 1983, 1990) distingue la mémoire de travail, la mémoire déclarative et la mémoire procédurale. La mémoire de travail stocke les informations venant de l'environnement et permet le renforcement des connaissances déclaratives et procédurales. La mémoire déclarative stocke des faits et des concepts déclaratifs, c'est-à-dire des connaissances qui peuvent être énoncées de façon consciente. La mémoire procédurale stocke des connaissances liées à des savoir-faire qui souvent sont automatiques. La mémoire de travail permet donc de faire du traitement de l'information alors que les mémoires déclarative et procédurale sont des systèmes de stockage.

Selon McKoon, Ratcliff et Dell (1986), le modèle d'Anderson est une alternative intéressante à la dichotomie sémantique-épisodique qui ne leur semble pas convaincante au vu des problèmes qu'elle soulève sur la récupération du sens des représentations épisodiques. La distinction déclarative procédurale permettrait selon eux de mieux rendre compte de deux fonctions fondamentales de la mémoire : la mémoire des faits et concepts et la mémoire des procédures. Bien que ces auteurs ne prônent pas l'existence de différents systèmes mnésiques, ils suggèrent que les termes déclaratif et procédural peuvent permettre de mieux interpréter certaines données expérimentales, notamment concernant les troubles chez les amnésiques.

Ainsi, la théorie des multiples systèmes de mémoire entraîne une distinction entre des connaissances liées à des fonctions différentes. Ces modèles ont servi l'interprétation d'un large éventail de données expérimentales en psychologie cognitive et en neuropsychologie concernant les différentes formes de dissociation décrites dans la littérature. Pour les auteurs de cette théorie, les phénomènes de dissociation sont la preuve de l'existence de systèmes mnésiques distincts. Pour d'autres, ils ne sont que l'épiphénomène des multiples propriétés d'un unique système.

### 3. Les phénomènes de dissociation

---

On trouve dans la littérature trois types de dissociations : les dissociations entre tâches, les dissociations de conscience et les dissociations chez les amnésiques.

Dans une perspective abstractionniste, ces dissociations sont la preuve de l'existence de multiples systèmes de mémoire.

Dans la perspective d'un seul système de mémoire, elles reflètent différents processus inhérents aux tâches et à la nature de l'information traitée et ne peuvent être interprétées comme l'existence de différents systèmes mnésiques.

#### 3.1. La dissociation entre tâches.

Ce phénomène de dissociation oppose en psychologie cognitive les tâches exigeant une utilisation délibérée de la mémoire comme la reconnaissance ou le rappel aux tâches pour lesquelles la mémoire est incidentelle comme la reconnaissance de stimuli dégradés. Cette notion a été introduite par Tulving (1984) qui fait l'hypothèse suivante :



---

quand une variable manipulée a un effet sur une tâche et non sur une autre, ou a des effets opposés sur les deux tâches, ceci est l'évidence de deux systèmes de mémoires séparés.

On appelle indépendance fonctionnelle la relation entre deux variables dépendantes (ex: tâches X et Y) dans une situation dans laquelle une variable varie et l'autre non comme une fonction d'une variable indépendante.

Inspirés des travaux de Warrington et Weiskrantz (1970, 1974), Tulving, Schacter et Stark (1982) ont comparé une tâche de reconnaissance et une tâche de complétion de fragment de mots. Ils ont présenté aux sujets des mots dans une liste d'étude avant les tests qui comportaient des mots déjà vus ou des mots non vus. Les résultats montrent une réduction de la performance dans la tâche de reconnaissance au delà d'un intervalle de sept jours et un oubli très faible dans la tâche de complétion. Ce manque de corrélation entre les niveaux de performance des deux tâches a été interprété comme une indépendance fonctionnelle. Ce phénomène encourage les auteurs à postuler l'existence de différents systèmes de mémoire.

Un autre type d'indépendance est l'indépendance stochastique qui consiste à prendre comme unité statistique la combinaison item-sujet. Dans ce type d'expérience, on fait étudier à des sujet une série d'items puis on les teste deux fois sur chacun des items dans deux tâches différentes. Chaque combinaison sujet-item peut être catégorisée comme réussissant ou échouant sur la tâche 1 ou 2 et une table de contingence résume la relation entre les performances sur les deux tâches. Ce phénomène d'indépendance stochastique a été également interprété comme la preuve de mémoires séparées. Cette méthode a cependant été critiquée car elle induit des biais liés à la méthode même. Selon le paradoxe de Simpson (Hintzmzn, 1990), deux tables de contingence indiquant une indépendance peuvent montrer une relation positive ou négative lorsqu'elles sont résumées en une seule table. De même, deux tables de contingence démontrant une relation positive peuvent indiquer une indépendance ou une relation négative lorsqu'elles sont résumées en une seule table. Le paradoxe survient lorsque chaque composant de la table représente un niveau différent d'une troisième variable corrélée avec les tâches 1 et 2. Si les deux corrélations ont le même signe, un biais positif est induit dans la table résumée. Si elles ont des signes opposés, un biais négatif est induit.

Bien qu'ayant lui même introduit la notion d'indépendance entre tâches, Tulving (1984) souligne la différence entre l'indépendance stochastique basée sur le fait que les items sujets sont les unités d'analyse et qui ne manipule pas de variables indépendantes et l'indépendance fonctionnelle qui est la relation entre deux variables dépendantes. Il remarque qu'il n'existe pas de connexion logique entre l'indépendance stochastique et l'indépendance fonctionnelle. Selon la procédure expérimentale utilisée, il est possible de trouver un type d'indépendance dans une situation donnée et pas dans l'autre, ce qui laisse ouverte la question d'une réelle indépendance.

Pour les auteurs n'adhérant pas à la théorie des mémoires multiples, ces dissociations observées ne correspondent pas à des distinctions fondamentales entre différents stocks mnésiques. Elles réfèrent à des questions de niveaux de traitements inhérents aux tâches qui opèrent à l'intérieur d'un même système et ne peuvent être

interprétées comme la preuve de systèmes de mémoire séparés.

Jacoby (1983a, 1983b) explique ce phénomène de dissociation par la récupération d'indices différents liés aux tâches plutôt que par des systèmes séparés retenant la connaissance générale et spécifique. Il a démontré que la performance est dépendante du contexte dans lequel les items ont été présentés. Dans une de ses expériences, les deux conditions d'encodage étaient : une condition générée dans laquelle les sujets devaient fournir des opposés à des mots indices (ex: chaud ? réponse : froid) et une condition lecture dans laquelle les sujets devaient lire des cibles à haute voix en l'absence d'indices (ex: xxx-froid). Les deux conditions de récupération étaient une tâche de reconnaissance (ancien vs nouveau) et une tâche d'identification tachistoscopique. Les résultats indiquaient une interaction. Ils sont meilleurs avec la condition générée dans la tâche de reconnaissance et meilleurs avec la condition lecture dans la tâche d'identification. Jacoby interprète ces résultats avec les notions de traitements dirigés par les données perceptives et traitements dirigés par les concepts. La condition générée fait appel à un traitement sémantique alors que la condition lecture fait appel à un traitement visuel. Dans les tâches de récupération, la reconnaissance est conceptuelle alors que l'identification est visuelle. Le transfert est meilleur quand les tâches d'encodage et de récupération font appel aux mêmes types de traitements. Selon ce point de vue, des différences qualitatives entre traces en mémoire peuvent exister à l'intérieur d'un même système et il n'est pas nécessaire de se référer à différents systèmes de mémoire. Ainsi, le transfert de la tâche d'encodage à la tâche de récupération sera différent selon si les deux tâches utilisent ou non les mêmes séries de traits.

Dans la continuité des travaux de Jacoby, Roediger et Blaxton (1987) ont démontré que la manipulation de traits visuels dans une tâche d'encodage affecte des tâches de récupération dites 'data-driven', c'est-à-dire conduites par les données perceptives alors que la manipulation de traits conceptuels affecte des tâches de récupération dites 'conceptually-driven', c'est-à-dire conduites par les concepts. Ils interprètent ces résultats en termes de compatibilité ou incompatibilité entre nature de l'information et nature de la tâche à l'intérieur d'un même système plutôt qu'en terme de dichotomie de systèmes.

A la lueur de ces divers résultats et interprétations, il apparaît que les dissociations de tâches ne peuvent être interprétées systématiquement comme la preuve de deux systèmes séparés. Elles peuvent être inhérentes aux tâches et questionnent sur les relations entre l'encodage et la récupération des informations dans les processus mnésiques.

Une vieille idée Gestaltiste est que les traces en mémoire sont les copies des expériences perceptuelles et que la similarité est un facteur déterminant dans le fait qu'une nouvelle expérience contacte une trace particulière.

Dans cette perspective, Hintzman (1990) interprète ces phénomènes de dissociation comme des 'effets de compatibilité' entre les opérations utilisées durant l'encodage et celles utilisées durant la récupération comme le démontrent les expériences de Jacoby (1983) et de Jacoby, Roediger et Blaxton (1987).

### **3.2. Les dissociations de conscience**

Freud fut une personnalité marquante dans l'introduction du concept conscient vs inconscient et ce domaine de recherche longtemps nié par la tradition béhavioriste a retrouvé sa place au sein des sciences cognitives.

Une forme de dissociation interprétée comme suggérant des mémoires spécifiques concerne les différents niveaux de conscience, chaque niveau étant dévolu à un système mnésique particulier. Tulving (1984) associe mémoire procédurale et conscience anoetic, mémoire sémantique et conscience noetic, mémoire épisodique et conscience auto-noetic. Selon Anderson (1983, 1990), la mémoire déclarative nécessite la conscience du sujet alors que la mémoire procédurale peut être sollicitée de façon inconsciente.

Les travaux de Reber (1969) sur l'acquisition du langage démontrent que l'enfant peut faire des phrases correctes avant d'avoir acquis les règles de grammaire. L'enfant apprendrait des règles de façon inconsciente en les extrayant automatiquement de son environnement. Son protocole d'apprentissage de grammaire artificielle démontre un apprentissage implicite dans 70 % des cas sans prise de conscience explicite des règles instaurées. Selon ces travaux, les sujets extraient des régularités perceptives (lettres plus fréquentes que d'autres, configuration de lettres souvent répétées, etc) qui leur permettent cet apprentissage implicite sans pour cela être capables de le conceptualiser.

Il est généralement admis que l'acquisition d'une habileté nécessite tout d'abord une représentation consciente, et qu'ensuite avec la pratique, cette représentation déclarative se transforme en une représentation qui ne nécessite pas de demande attentionnelle (Anderson, 1983 ; Logan, 1988). Cependant, il semblerait que certaines habiletés peuvent être acquises sans traitement déclaratif et que l'encodage et la récupération de l'information peuvent se faire sans que soit nécessaire la conscience du sujet.

Hintzman (1990), relate certaines observations et expériences allant dans ce sens :

Il semblerait que des patients sous anesthésie générale encodent et récupèrent des informations venant du personnel du bloc opératoire (Bennett, 1988).

Une expérience de Lewicki et al (1987) présentait à des sujets un écran visuel sur lequel la localisation d'une cible était reliée par une règle complexe à un schéma d'emplacements précis eux-mêmes reliés à six essais antérieurs. Au bout de 1500 essais sur chaque schéma, le temps de balayage pour les cibles aux positions prédictibles était plus court que ceux pour les cibles non prédictibles. Selon les auteurs, ces résultats démontrent que les sujets sont capables d'articuler des règles qu'ils dégagent et assimilent inconsciemment.

Une expérience de Hayes et Broadbent (1988) comparait l'apprentissage d'habiletés sous deux conditions : dans l'une des conditions, le feedback était relié à la réponse présente. Dans l'autre, il était relié à la réponse de l'essai antérieur. Les sujets bénéficiaient de l'apprentissage dans les deux conditions bien que celui de la première condition soit plus rapide. Selon les auteurs, les deux conditions expérimentales illustrent deux formes d'apprentissage : une forme consciente qui n'encode que les

contingences sélectionnées avec l'attention du sujet et une forme inconsciente qui stocke toutes les contingences.

Schachter et Cooper (1995) distinguent les représentations perceptuelles présémantiques et les représentations épisodiques. Les représentations perceptuelles correspondent à différents types d'informations comme les représentations visuelles et auditives (Schachter, 1994 ; Schachter et Tulving, 1994). Elles jouent un rôle important dans l'identification des mots et des objets et opèrent à un niveau présémantique. En dissociant ces deux types de représentations, Schachter et Cooper proposent une interprétation des phénomènes de dissociation dus à l'effet des variables qui influent sur l'information épisodique et l'effet des variables qui influent sur l'information présémantique. Contrairement à l'information épisodique, l'information présémantique serait implicite, c'est-à-dire qu'elle ne nécessiterait pas la conscience du sujet. Ils ont démontré dans une tâche de décision d'objets l'existence de ces deux types de représentations. Cependant, dans une série d'expériences utilisant le même paradigme, McKoon et Ratcliff (1995) ont trouvé des résultats les contredisant.

En psychologie cognitive, les termes mémoire explicite et mémoire implicite ont été proposés pour nommer respectivement la mémoire qui nécessite la conscience du sujet et la mémoire sans conscience. Cependant, ces termes restent confus dans le sens où ils sont souvent associés aux termes déclaratif et procédural qui dissocient la connaissance de faits ou de concepts et la connaissance de procédures comme dans le modèle d'Anderson (1983). Ils sont également associés aux termes épisodique et sémantique, l'information épisodique étant supposée être délibérée ou consciente alors que l'accès à l'information sémantique est supposée être automatique (Tulving, 1985).

Ces associations posent le problème de la légitimité de cette distinction explicite implicite. En effet, bien que basée sur un enchaînement d'automatismes, la connaissance procédurale pourrait être explicitée. De même, bien que définissant la connaissance qui peut être déclarée, la connaissance déclarative peut à un moment donnée dans l'expérience du sujet ne pas bénéficier d'un traitement attentionnel.

En fait, les termes mémoire explicite et mémoire implicite désignent des modes différents de stockage et de récupération de l'information. La mémoire explicite concerne des connaissances stockées et récupérées en mémoire de façon consciente tandis que la mémoire implicite concerne des connaissances stockées et récupérées en mémoire de façon inconsciente.

Il semblerait donc que les phénomènes de mémoire peuvent exister avec ou sans conscience dans des activités cognitives diverses comme par exemple l'apprentissage de procédures motrices qui enchaînent un certain nombre d'automatismes ou des activités cognitives purement conceptuelles. Ces deux modes de mémorisation seraient une des propriétés fondamentales de la mémoire et ne constitueraient pas forcément la preuve de deux systèmes de mémoire séparés.

### **3.3. Les dissociations chez les amnésiques**

On observe chez des patients amnésiques des troubles de mémoire coexistant avec d'autres fonctions cognitives intactes, mais surtout des dissociations dans les fonctions de mémoire elles-mêmes. Dans le syndrome amnésique, les nouvelles informations, à moins d'être constamment répétées, sont rapidement perdues. Cette forme d'amnésie nommée antérograde concerne des informations acquises après la lésion. Elle est généralement accompagnée d'une amnésie rétrograde qui concerne des faits et des événements antérieurs à la lésion, pouvant remonter à une année, voire à quelques décades.

La dissociation chez les amnésiques correspond à cette perte et incapacité de rétention d'évènements conscients (antérograde ou rétrograde) couplée à la préservation de l'expérience dans des tâches procédurales et à la capacité d'apprentissage de nouvelles habiletés perceptives et motrices comme la lecture de textes inversés, la lecture en miroir ou la tour de Hanoi. Ces tâches de mémoire dites indirectes car elles ne nécessitent pas d'instructions conscientes en mémoire semblent indiquer l'apprentissage de nouvelles associations. Cependant, il semblerait que l'acquisition de ces nouvelles associations soient des phénomènes de conditionnement du type stimulus-réponse. Selon des résultats expérimentaux (Nissen et al, 1989), les patients amnésiques sont capables d'apprendre et de retenir une configuration répétée de stimuli dans une tâche de réaction sérielle mais ils sont incapables de rendre compte de la séquence. De même, les phénomènes d'amorçage observés chez les patients seraient dus à une sensibilisation temporaire de représentations préexistantes (Jonhson et al, 1985). Cependant, l'amnésie est une pathologie limitée à l'apprentissage et à la mémoire et ne perturbe pas d'autres fonctions mentales comme l'attention, la perception et la capacité intellectuelle globale.

Les recherches actuelles en neuropsychologie mettent en relation des lésions cérébrales et des pathologies mentales. Le syndrome amnésique est lié à des lésions du noyau médio-dorsal du thalamus et à des structures du lobe médio-temporal, en particulier l'hippocampe (Squire, 1987). Cette structure du système limbique joue un rôle important dans l'indexation des souvenirs. Elle n'est pas un lieu de stockage mais permet la consolidation des souvenirs en confrontant différentes informations sensorielles ou différents programmes moteurs déjà stockés dans le néocortex, aux données transmises par les systèmes de renforcement situés dans l'hypothalamus. Elle permet ainsi l'élimination des informations non renforcées et la stabilisation de celles qui l'ont été. Une information ne devenant utilisable qu'après avoir été comparée et intégrée dans l'ensemble des informations déjà conservées, l'hippocampe, tel un comparateur, diminuerait les phénomènes d'interférence par l'indexation des informations stockées. Sa lésion entraîne donc une augmentation des interférences résultant de l'impossibilité d'inhiber des informations antérieurement acquises, d'où un déficit de la mémoire de consolidation. Ce trouble fut observé pour la première fois chez le célèbre patient H. M. qui avait subi une ablation bihippocampique à la suite de graves crises épileptiques.

Les amnésies transitoires dues à des électrochocs ressemblent au syndrome amnésique mais il est difficile de définir les régions cérébrales impliquées.

Les amnésiques de type alcoolique Korsakoff souffrent de lésions thalamiques mais aussi d'autres aires comme les lobe frontaux. Superposé au syndrome amnésique typique, ce déficit des lobes frontaux entraîne des déficits disproportionnés dans certaines fonctions comme la discrimination, la métamémoire et la reconnaissance libre.

Si la circonscription d'aires cérébrales lésées semble à première vue soutenir la thèse localisationniste et l'identification de différents systèmes de mémoire, cette circonscription n'est pas si simple. En effet, selon Squire (1987), l'identification de régions cérébrales critiques dans les troubles amnésiques ne peut fournir qu'un point de départ, le point essentiel étant de relier ces structures cérébrales à des structures neuroanatomiques afin de délimiter un système neuronal adéquat. Pour cet auteur, la mémoire ne peut être uniquement localisée à des régions et unités cérébrales spécifiques. Elle est aussi distribuée sur un ensemble de régions et d'unités neuronales. Dans cette perspective qui tente de réconcilier les interprétations localisationnistes et distribuées, la mémoire serait largement distribuée sur l'ensemble du cerveau mais différentes régions cérébrales stockeraient différents aspects d'une information. Des micro traits ou composants de l'information seraient traités et stockés par de petites assemblées de neurones fonctionnellement spécialisées. Selon Changeux (1992) et Edelman (1992), la mémoire ferait intervenir beaucoup d'aires du cerveau mais sans correspondance systématique entre aires et fonctions. Dans cette perspective, elle serait un seul système au sein duquel seraient distribuées les informations. Cette distribution obéirait cependant à des spécificités, à travers lesquelles pourraient être interprétées les troubles et dissociations neuropsychologiques.

Rousset (2000) souligne que la dissociation neuropsychologique est une méthode d'indépendance fonctionnelle dont la variable manipulée est la présence ou l'absence de la lésion. Selon lui, les résultats reflèteraient des différences de processus plutôt que l'existence de stocks mnésiques distincts.

### **3. 4. Les phénomènes de dissociation : conclusion**

A travers l'analyse de ces phénomènes de dissociation, il apparaît que la définition d'une fonction ou d'un système de mémoire est un problème complexe qui ne peut s'interpréter qu'en rassemblant les données de la psychologie, de la neuropsychologie et des neurosciences.

La dissociation de tâches semble refléter différents systèmes mais elle est aussi interprétée par des opérations d'encodage et de récupération différentes selon les tâches. Pour certains auteurs, les méthodes d'indépendance fonctionnelle et stochastique posent des problèmes méthodologiques non négligeables. La comparaison des effets d'une variable sur deux tâches, chaque variable étant censée s'adresser à un système différent ne permet pas vraiment de trancher en faveur de l'existence de stocks mnésiques séparés. Les différences observées dans les résultats expérimentaux peuvent être attribuables à des différences de processus inhérents aux tâches.

Les travaux sur les dissociations de conscience démontrent que certains types d'apprentissage sont conscients et d'autres non. Certaines activités cognitives nécessitent la conscience du sujet, d'autres se font de façon automatique, d'où les termes mémoire implicite et mémoire explicite. Les modèles multiples associent systèmes mnésiques et niveaux de conscience. Cependant, comme nous l'avons vu, ces associations restent discutables. Si certains auteurs interprètent les niveaux de conscience comme différents systèmes mnésiques, elles signifient pour d'autres divers modes d'accès aux

---

connaissances à l'intérieur d'un même système.

Les recherches sur les amnésiques indiquent que des troubles de mémoire sont liés à des lésions anatomiques distinctes. Cependant, comme nous l'avons vu pour l'hippocampe, l'implication d'une structure définie n'implique pas un lieu de stockage précis et ne prend son sens qu'à travers ses connexions avec d'autres structures. De plus, les phénomènes d'amorçage et les nouveaux apprentissages observés dans des tâches procédurales chez des patients amnésiques ne reflèteraient que des phénomènes de conditionnement du type stimulus-réponse. De même que les dissociations de tâches et les dissociations de conscience, les dissociations neuropsychologiques restent controversées quand à leur interprétation. Dans une perspective non abstractionniste, elles ne sont pas la preuve de stocks mnésiques distincts.

#### **4. Les modèles de type symbolique : conclusion**

---

Les grands concepts des modèles de type symbolique sont la théorie de la diffusion de l'activation dans un réseau (Quillian, 1969), la théorie du prototype (Rosch & Mervis, 1975) et la théorie de différents systèmes mnésiques (Tulving, 1985 ; Anderson, 1983).

Ces conceptions basées sur la métaphore de l'ordinateur prônent une accumulation passive de l'information dans des modules traitant de l'information symbolique. Les unités mnésiques sont des entités abstraites qui une fois stockées ne semblent pas avoir la possibilité d'évoluer et les modèles n'ont pas d'explication concernant leur encodage. Leur stockage se fait à des endroits précis dans un réseau hiérarchique (Quillian, 1969) ou dans des systèmes mnésiques différents (Tulving, 1985 ; Anderson, 1983 ; Schacter & Cooper, 1995) selon le type de représentation (présémantiques, sémantiques, épisodiques, déclaratives, procédurales). Ainsi, la définition de la nature des unités mnésiques et des règles de fonctionnement des opérations d'encodage et de stockage ne semble pas satisfaisante.

Un autre inconvénient des modèles abstractionnistes est la distinction entre les travaux sur la nature des connaissances et les travaux sur leur organisation. Certains modèles (Tulving, 1985 ; Anderson, 1983 ; Schacter & Cooper, 1995) dépassent cette dichotomie en proposant différents systèmes mnésiques selon le type de connaissance et s'appuient sur les phénomènes de dissociation : dissociations entre tâches, dissociations de conscience, dissociations neuropsychologiques. Cependant, comme nous l'avons vu, leur interprétation en termes de différentes mémoires est loin de faire l'unanimité, certains auteurs interprétant ces dissociations fonctionnelles au sein d'un même système.

Selon McKoon, Ratcliff et Dell (1986), la conception de Tulving d'une mémoire épisodique incarnée dans une mémoire sémantique est proche de la conception d'un seul système de mémoire. Il y aurait peu de différence entre les deux perspectives, la mémoire épisodique n'étant qu'un sous-système de la mémoire sémantique. Selon eux, les effets labellisés sémantiques ou épisodiques ne sont que la catégorisation des divers processus mnésiques. Il est entendu qu'une trace épisodique doit être porteuse de sens et ne peut être séparée des propriétés sémantiques de la mémoire. Il est donc difficile de séparer stock épisodique et stock sémantique. Contrairement à Schacter et Cooper (1995),

McKoon et Ratcliff (1995) interprètent les résultats sur des tâches de décisions d'objets en termes de niveaux de traitement de l'information sans supposer différents systèmes de mémoire. Ils supposent que les niveaux de représentation correspondent à différents types d'information. L'information de bas niveau traiterait les traits perceptuels, l'information de plus haut niveau traiterait des parties d'objets et l'information de très haut niveau traiterait les objets en entier ainsi que les liens associant les informations sémantiques vers d'autres informations en mémoire. Les dissociations observées au milieu des variables seraient dues au fait que différentes variables affectent les traitements à différents niveaux du système.

Ainsi, les modèles abstractionnistes décrivent le fonctionnement cognitif à un niveau symbolique. Ces modèles sont dits fonctionnels car ils ne décrivent pas les traitements impliqués dans le fonctionnement mnésique et ne prennent pas en compte le fonctionnement cérébral et les propriétés du système nerveux.

## IV. Les modèles de type épisodique

En réponse aux problèmes soulevés par les modèles à mémoires multiples, des auteurs ont proposé la perspective épisodique. Ils ont tenté de dépasser cette dualité sémantique-épisodique ou déclarative-procédurale avec de nouveaux modèles.

Les modèles épisodiques défendent l'idée d'un seul système de mémoire, dépendant du contexte. La mémoire ne contiendrait que des connaissances épisodiques, les formes de représentations conceptuelles émergeant d'épisodes de traitement particuliers. Leur objectif est de rendre compte de la propriété de la mémoire à donner du sens aux souvenirs sans faire intervenir de structure distincte stockant de l'information abstraite.

Une des caractéristiques de la théorie épisodique est l'introduction du concept de trace. Cette définition de l'unité mnésique ne nécessite plus de distinguer des structures distinctes et indépendantes : l'information est stockée dans une trace sous la forme de valeurs sur une série d'attributs (Hintzman, 1986) ou de dimensions (Nosofsky, 1988). Le concept de la trace en mémoire date dans sa version moderne des travaux de Hollingworth (1913, 1928) et Semon (1923). Selon cette tradition, toute mémorisation correspond à une trace en mémoire dans laquelle est stocké ce qui est perçu sous la forme d'images sensorielles. Les relations perçues ou apprises entre les stimuli sont également stockées dans la trace. Elles ne se traduisent pas contrairement à la théorie associationniste par des associations entre unités.

### 1. Les modèles d'exemples

---

Les modèles d'exemples constituent une première catégorie de modèles épisodiques. Ces modèles postulent que seules les expériences particulières ou 'exemples' sont codés en mémoire, chaque exemple étant stocké indépendamment des autres. De même que la connaissance épisodique, la connaissance générale est représentée par la rétention



---

d'expériences particulières. Elle est accessible à travers l'activation en parallèle des traces de ces expériences.

Nous avons vu que selon une perspective abstractionniste extrême, les concepts dits « bien définis » sont caractérisés par des traits nécessaires et suffisants et que tous les exemplaires sont également représentatifs du concept (Katz & Postal, 1964). Selon une perspective plus modérée, les catégories ont des structures gradées : certains exemplaires d'une même catégorie sont plus représentatifs ou plus typiques que d'autres, et les concepts sont dits « flous » (Rosch & Mervis, 1975). Cette perspective suppose que la similarité est un déterminant majeur dans la structure des catégories gradées : plus un stimulus est similaire aux autres membres de sa catégorie et moins il est similaire aux membres des catégories alternatives, plus il est typique.

Les modèles d'exemples considèrent fondamentale l'importance de cette variable similarité (Medin & Schaffer, 1978), certains introduisant également le rôle de la fréquence du stimulus dans la structure des catégories gradées (Nosofsky, 1988).

### **1.1. La théorie du contexte de Medin et Schaffer (1978).**

Les théories basées sur l'existence de ces concepts bien définis ou flous supposent que la performance dans une tâche de catégorisation est basée sur l'information abstraite (les sujets abstraient d'expériences particulières une tendance centrale de la catégorie ou prototype) ou sur un mélange d'informations abstraites et d'exemples particuliers. Des résultats expérimentaux démontrent que les sujets classifient des items prototypiques qu'ils n'ont jamais vus aussi vite et précisément qu'ils classifient d'anciens items (Homa & Chambliss, 1975 ; Posner & Keele, 1970) et qu'un plus grand oubli significatif est observé pour les anciens stimuli d'apprentissage que pour le prototype et des stimuli récents quand un délai de plusieurs jours est inséré entre l'apprentissage et les tests de transfert.

Selon Medin et Schaffer (1978), ces résultats peuvent être interprétés en terme de similarité entre les items sans supposer que l'information abstraite influence la performance. Ils expliquent une meilleure performance sur les stimuli prototypiques par le fait que ceux-ci sont susceptibles d'être similaires à un grand nombre d'exemplaires de la catégorie et peu similaires aux exemplaires des catégories alternatives. Plus le délai augmente, plus les sujets oublient ce qui est spécifique à chacun des exemplaires mais en extraient les points communs qui déterminent le prototype. Ce dernier ne serait pas stocké en mémoire mais émergerait de l'abstraction des traits typiques de tous les exemplaires.

La théorie du contexte suppose que les jugements de classification sont basés exclusivement sur la récupération d'exemples stockés en mémoire et qu'un stimulus fonctionne comme un indice de récupération accédant à l'information déjà stockée. Plus un stimulus est similaire à un exemple stocké, plus il est susceptible de retrouver l'information associée à cet exemple. Cette similarité est interactive : l'information au sujet du stimulus à catégoriser et de son contexte sont stockés ensemble en mémoire. L'amorce et le contexte doivent être activés simultanément pour retrouver l'information au sujet de l'événement. Un changement concernant l'amorce ou le contexte peut diminuer l'accessibilité de l'information. Cette non indépendance est donc une contrainte sur

l'accessibilité de l'information stockée en mémoire.

Ainsi, les différentes dimensions d'un stimulus dans un contexte donné sont combinées de manière interactive et multiplicative pour déterminer la similarité globale de deux stimuli. Cette similarité globale correspond au produit des similarités des stimuli sur chacune de leurs dimensions. La règle multiplicative du modèle de contexte implique qu'un stimulus sera classé plus efficacement si il est très similaire à un deuxième stimulus, par ex différent sur une seule dimension et peu similaire à un troisième stimulus, par ex différent sur trois dimensions (S+S3) que si il a une similarité médium, c'est-à-dire si il est différent sur deux dimensions de deux stimuli de sa catégorie (2S2).

Le modèle prend en compte les éventuels effets de stratégie des sujets durant l'apprentissage. Ces effets peuvent moduler la saillance des différentes dimensions de l'information d'un stimulus et rendre l'information au sujet de ce stimulus incomplète. L'attention sélective est alors représentée par des changements quantitatifs dans les paramètres de similarité selon les dimensions du stimulus : la similarité est moindre quand la dimension qu'il représente est attendue car l'attention se portant sur cette dimension, la différence de similarité est détectée de façon plus précise.

Le modèle utilise une notation abstraite. Soit un stimulus ayant une valeur binaire (1 ou 0) sur 4 dimensions (ex : couleur rouge ou noir, forme triangle ou cercle, taille large ou petit, nombre : 1 ou 2). Un petit cercle rouge sera noté 1001. Ce code binaire est utilisé pour noter des relations de similarité : les deux stimuli 1111 (un large triangle rouge) et 1101 (un petit triangle rouge) diffèrent seulement en taille. Dans cet exemple, les paramètres de similarité sont les dimensions couleur, forme, taille et nombre représentés par les paramètres c, f, t et n quand leurs valeurs diffèrent entre deux stimuli et égal à 1 quand les deux valeurs sont identiques. La similarité des stimuli 1111 et 1101 sera notée  $1 \times 1 \times t \times 1 = t$ .

La probabilité de classer un exemplaire i dans la catégorie j est une fonction croissante de la similarité de l'exemplaire i aux exemplaires de la catégorie j stockés en mémoire et une fonction décroissante de la similarité de l'exemplaire i aux exemplaires associés aux catégories alternatives. Medin et Schaffer modélisent mathématiquement cette probabilité par une équation qui est égale à la somme des similarités de l'amorce i aux exemplaires de j stockés en mémoire divisée par la somme des similarités de l'amorce i à tous les exemplaires stockés en mémoire.

$PA, 1 = \frac{1 + p + cfs}{1 + p + cfs + cfsp + cf + p}$	<p><b>p = position c = couleur f = forme s = taille</b>  <b>PA,1 = probabilité de classer le stimulus 1 dans A</b></p>
$PA, 1 = \frac{1 + p + cfs}{1 + p + cfs + cfsp + cf + p}$	<p>p = position c = couleur f = forme s = taille                  PA,1 = probabilité de classer le stimulus 1 dans A</p>

La similarité entre deux indices le long d'une dimension est représentée par le

paramètre de similarité dont la valeur varie entre 0 et 1, 1 représentant le maximum de similarité. En utilisant la règle multiplicative, le modèle permet des prédictions quantitatives concernant les probabilités de classification. Il prédit qu'en gardant constante la distance entre un stimulus et son prototype, la performance varie selon le nombre d'exemples stockés similaires à ce stimulus, ce qui le rend sensible à des effets de densité. A travers une série d'expériences, Medin et Schaffer (1978) démontrent la supériorité du modèle de contexte dans l'interprétation des données.

## 1.2. Le modèle de contexte généralisé ou GCM de Nosofsky (1988, 1991), Nosofsky et Palmieri (1997)

Le modèle de 1988 est une version améliorée du modèle de contexte de Medin et Schaffer (1978) qui intègre avec la similarité le rôle de la fréquence d'un stimulus dans la structure des catégories gradées.

Dans le modèle de contexte, les décisions de classification sont basées sur des comparaisons entre le stimulus amorce et les exemples stockés en mémoire. Nosofsky propose deux interprétations alternatives à ce postulat :

Les exemplaires sont vus comme des « types » ou exemplaires types : les multiples présentations du même stimulus correspondent à une seule représentation en mémoire. C'est une interprétation insensible à la fréquence.

Les exemples sont vus comme des « tokens » ou indices : les multiples présentations du même stimulus correspondent à de multiples représentations en mémoire. C'est une interprétation sensible à la fréquence.

Selon Nosofsky, la façon dont les variables similarité et fréquence interagissent dans la formation des catégories doit être interprétée dans le cadre du modèle de contexte sensible à la fréquence. Son but est de tester un modèle mathématique à l'intérieur duquel on peut interpréter le rôle conjoint de la similarité et de la fréquence. A l'équation de Medin et Schaffer (1978), il rajoute un paramètre  $N_i$  qui correspond à la fréquence relative avec laquelle chaque exemple est présenté.

$$P(R_1 / S_1) = \frac{b \sum_{j \in C_1} N_j \cdot n_{ij}}{b \sum_{j \in C_1} N_j \cdot n_{ij} + (1 - b) \sum_{k \in C_2} N_k \cdot n_{ik}}$$

$P(R_1 / S_1)$  = probabilité de classer un stimulus 1 dans une catégorie 1

$b$  = biais de réponse

$n_{ij}$  = similarité entre  $i$  et  $j$

$N_j$  = fréquence relative avec laquelle chaque exemplaire  $j$  est présenté

Le GCM étudie la façon dont ces variables interagissent en manipulant la fréquence avec laquelle des items de degrés de similarité variés sont présentés durant une tâche d'apprentissage de catégories. A travers des expériences de catégorisation, Nosofsky

(1988) a démontré que la présentation fréquente d'un stimulus augmente la fréquence avec laquelle ce stimulus est stocké en mémoire. Il s'agit ici d'une fréquence relative à une catégorie donnée, c'est-à-dire à l'estimation subjective du nombre de rencontres d'un stimulus en tant qu'exemplaire d'une catégorie donnée et non à la familiarité de ce stimulus.

Cependant, Nosofsky souligne que le modèle se limite à prendre en compte le rôle conjoint des variables fréquence et similarité dans la classification perceptuelle et que la question de la généralisation de ces résultats dans le domaine de la catégorisation conceptuelle reste ouverte.

Ses travaux de 1991 apportent quelques modifications. Il intègre comme dans le GCM le rôle de la fréquence d'un stimulus et de l'attention sélective dans la classification et la reconnaissance et fait les suppositions suivantes : la force de mémorisation des exemples est proportionnelle aux fréquences avec lesquelles ces exemples ont été présentés durant une phase d'apprentissage. L'attention sélective modifie les similarités entre les exemples, l'idée étant que les sujets peuvent modifier le poids attentionnel des différentes dimensions d'un stimulus dans les décisions de classification et de reconnaissance.

Nosofsky propose une autre formalisation du modèle : le modèle repose sur la définition préalable d'un espace psychologique multidimensionnel dans lequel les items à mémoriser sont définis sur un nombre variable de dimensions. L'espace psychologique est un espace dans lequel les objets sont représentés par des points, ce qui permet de les représenter graphiquement sur chaque dimension. Plus les objets sont dissemblables, plus la distance entre les points qui leur correspondent est grande. Dans un tel espace, les axes correspondent aux propriétés des objets.

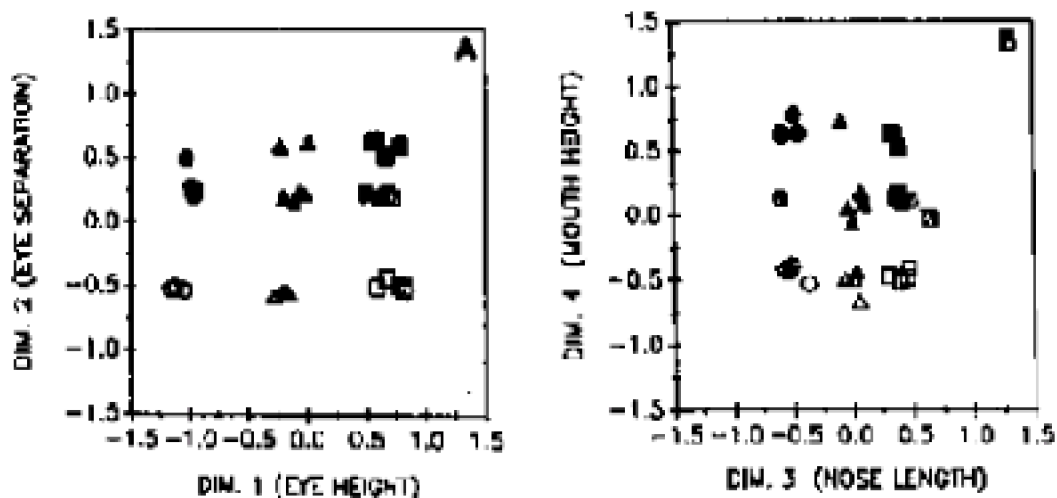


Figure 3. Espace psychologique de Nosofsky (1991)

Dans cette perspective, une trace mnésique est un point dans un hyperespace. La définition de cet hyperespace se fait grâce à la technique des échelles multidimensionnelles (Multi Dimensional Scaling ou MDS). Cette technique permet lorsque l'on ne connaît pas la métrique des stimuli de reconstituer les dimensions sur

lesquelles ils sont définis ainsi que leurs valeurs sur chacune d'elles. Le recueil des données peut se faire en demandant par exemple aux sujets de juger de la dissemblance ou de la similarité entre stimuli. Le choix du nombre de dimensions qui peuvent représenter les stimuli nécessite la mise en oeuvre de techniques de calculs complexes.

Soit  $a(x_1, x_2, x_3, \dots, x_m)$  un point dans l'hyperespace où  $m$  est le nombre de dimensions. La distance entre les exemplaires  $i$  et  $j$ , notée  $D_{ij}$  est calculée comme suit :

$$D_{ij} = c \left( \sum_m w_m (x_{im} - x_{jm})^2 \right)^{1/2}$$

Dans l'espace psychologique de dimension  $m$ , la valeur de l'exemplaire  $i$  sur l'axe  $m$  est notée  $x_{im}$ . Les paramètres  $w_m$  sont des poids attentionnels portant sur chacune des dimensions.

La similarité  $S_{ij}$  entre les exemplaires  $i$  et  $j$  est obtenue grâce à une fonction exponentielle de la distance.

$$S_{ij} = \exp(-D_{ij})$$

L'activation des exemplaires en mémoire est calculée de la façon suivante :

$$A_{ij} = M_j S_{ij} \quad M \text{ étant une constante qui correspond au poids de la trace}$$

Nosofsky suppose qu'un format de représentation commun sous-tend les jugements de classification (catégoriser un exemplaire donné dans une catégorie particulière plutôt que dans une autre) et de reconnaissance (identifier un exemplaire donné parmi un ensemble d'autres exemplaires) mais que différentes règles de décisions influencent la performance dans les deux tâches.

En catégorisation, les décisions reposent sur les activations relatives des catégories respectives. Il calcule ce qu'il appelle l'évidence en faveur de la catégorie 1 et de la catégorie 2. La tendance à catégoriser l'item  $i$  dans la catégorie 1 ( $E1i$ ) est la somme des activations entre l'exemplaire  $i$  et les exemplaires  $j$  appartenant à la catégorie 1 stockés en mémoire :  $E1i = \sigma a_{ij}$  La décision catégorielle est prise si : la différence entre les évidences catégorielles dépasse un seuil  $b$  si  $(E1i - E2i) > b$  alors la réponse catégorielle est  $C1$

En reconnaissance, ce qui importe est la somme globale des activations des deux catégories, et non pas leur activation l'une par rapport à l'autre. La décision de reconnaissance est prise si : la somme de toutes les activations dans toutes les catégories dépasse un certain seuil si  $(E1i + E2i) > C$

Son paradigme expérimental reprenait celui de Reed's (1972) dans lequel les stimuli étaient des visages schématiques variant sur quatre dimensions : la hauteur des yeux, la distance entre les yeux, la longueur du nez et la longueur de la bouche. Chaque dimension pouvait prendre trois valeurs (petite, moyenne, grande) et 34 stimuli étaient

construits à travers les trois valeurs possibles des quatre dimensions.

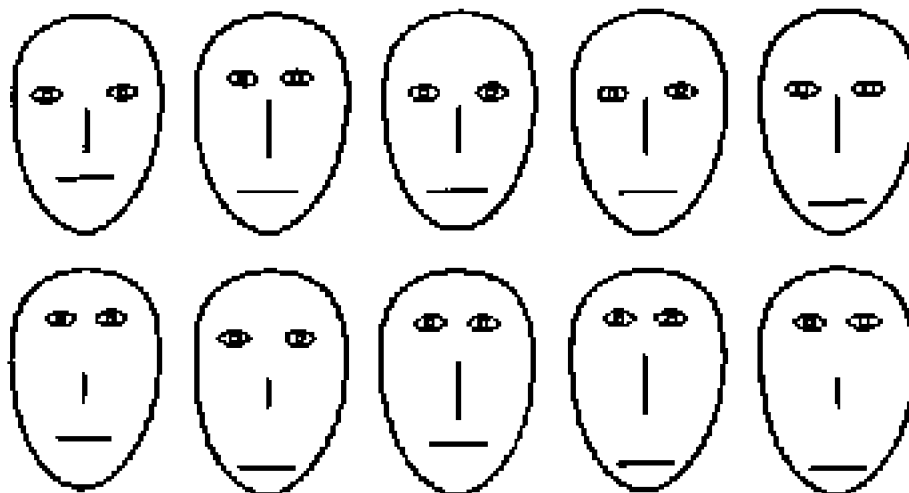


Figure 4. Stimuli du paradigme expérimental de Nosofsky (1991)

Cette expérience étudiait les relations entre classification et reconnaissance.

Dans une phase d'apprentissage composée de 12 blocs de 10 essais, les stimuli étaient présentés aux sujets qui devaient les classer dans la catégorie 1 ou 2. Chacun des visages était présenté une seule fois dans chaque bloc et la réponse des sujets était suivie d'un feedback. La phase expérimentale était composée de 2 blocs de 34 essais chacun, chaque visage étant présenté une seule fois dans chaque bloc. Sur chaque essai, les sujets devaient juger si les visages appartenaient à la catégorie 1 ou 2 et juger si les visages avaient déjà été présentés durant la phase d'apprentissage en les classant comme des stimuli anciens ou nouveaux. Dans cette phase, les réponses des sujets n'étaient pas suivies d'un feedback.

Le modèle prédisait des changements dans les probabilités de classification et de reconnaissance en fonction de la manipulation de la fréquence et un effet interactif de la fréquence et de la similarité. Les résultats démontraient des effets complexes de la fréquence et de la similarité sur les performances, les effets de fréquence étant plus faibles sur la reconnaissance dans les deux expériences.

Bien que les deux tâches réfèrent à des règles de décision différentes et que leurs performances soient généralement peu corrélées, Nosofsky interprète les données quantitatives par le fait qu'identification, reconnaissance et catégorisation reposent sur un même processus automatique inhérent au fonctionnement de la mémoire : la comparaison de similarité aux exemples stockés. Le modèle souligne l'importance de l'attention sélective, les résultats démontrant que les sujets distribuaient leur attention sur les différentes dimensions psychologiques en fonction de la tâche pour optimiser leurs performances.

Ainsi, Nosofsky considère que la mémoire contient des exemplaires, c'est-à-dire des informations spécifiques, contextualisées et multidimensionnelles. Chaque exemplaire est représenté par un point dans un espace multidimensionnel, les composantes des

---

exemplaires étant ainsi plus intégrées que dans le modèle de Medin et Schaffer. Il s'intéresse particulièrement au rôle de la fréquence des informations, c'est-à-dire au fait qu'il peut exister plusieurs traces en mémoire du même exemplaire, comme le supposent les modèles à traces multiples.

## **2. Les modèles à traces multiples : le modèle d'Hintzman (1984, 1986, 1987, 1988, 1990)**

---

Une deuxième catégorie de modèles épisodiques est représentée par les modèles à traces multiples. Comme nous l'avons évoqué, l'introduction de la variable fréquence dans les modèles d'exemples a permis le passage de la notion d'exemple à celle de trace dans la définition de l'unité mnésique.

Hintzman propose un modèle de mémoire épisodique, MINERVA 2 afin de simuler le fait que la mémoire peut générer des représentations abstraites comme les concepts à partir d'expériences spécifiques. Il a tout d'abord appliqué son modèle à la catégorisation et à la reconnaissance (Hintzman, 1984, 1986, 1987) puis l'a adapté aux jugements de fréquence (Hintzman, 1988).

Cet auteur suppose qu'il existe un seul système de mémoire dont les unités mnésiques sont des traces épisodiques qui codent chaque épisode de traitement. Dans cette perspective, la répétition d'un stimulus ne renforce pas une représentation antérieure mais produit une nouvelle trace qui coexiste en mémoire avec toutes les traces du même stimulus. Les connaissances abstraites ne sont pas stockées en mémoire mais émergent d'un bassin de traces multiples et épisodiques au moment de la récupération. La récupération en parallèle de ces multiples traces permet la récupération d'un concept.

Chaque expérience est représentée dans la trace par une configuration active de traits ou attributs, ceux-ci pouvant aller d'une simple tonalité émotionnelle ou d'un trait purement sensoriel à des propriétés plus abstraites.

Différentes expériences peuvent partager les mêmes traits et la similarité entre deux expériences est fonction du nombre de traits qu'elles partagent. Cependant, chaque expérience donne naissance à sa propre trace mnésique aussi similaire qu'elle puisse être d'une expérience antérieure.

Hintzman distingue les traces en mémoire qui ne sont pas directement accessibles à la conscience, des représentations actives sous les noms de mémoire primaire (PM) et mémoire secondaire (SM). Un stimulus agissant comme amorce peut être envoyé de la mémoire primaire à toutes les traces de la mémoire secondaire. En retour, la mémoire primaire reçoit un « écho » de la mémoire secondaire. Un certain nombre de traces sont activées simultanément selon la similitude qu'elles entretiennent avec l'information traitée, les traces partageant le plus de traits communs avec le stimulus amorce étant les plus fortement activées.

A travers les attributs qu'elle partage avec l'information traitée, l'activation d'une trace peut se diffuser aux attributs non similaires à cette information du fait d'être stockée dans la même trace.

L'écho reçu en mémoire primaire a deux caractéristiques : son intensité et son contenu.

L'intensité de l'écho dépend de la somme totale d'activation en mémoire secondaire qui est fonction du nombre de traces activées.

Le contenu de l'écho condense toutes les traces activées en parallèle et reflète tous les attributs communs de ces traces. Les caractéristiques qui distinguent une trace activée d'une autre sont ainsi masquées dans l'écho par ce processus de sommation de traits partagés.

MINERVA 2 est un modèle mathématique de simulation qui modélise la similarité d'une trace en mémoire au stimulus amorce.

$S(i) = (1 / Nr) \sum_{j=1}^n P(j) T(i, j)$	<p><b>S(i) = similarité d'une trace i au stimulus amorce</b>  <b>Nr = nombre de traits pertinents pour la comparaison</b>  <b>P(j) = valeur du nombre de traits du stimulus amorce</b>  <b>T(i,j) = valeur du nombre de traits de la trace i</b></p>
$S(i) = (1 / Nr) \sum_{j=1}^n P(j) T(i, j)$	<p>S(i) = similarité d'une trace i au stimulus amorce          Nr = nombre de traits pertinents pour la comparaison          P(j) = valeur du nombre de traits du stimulus amorce          T(i,j) = valeur du nombre de traits de la trace i</p>



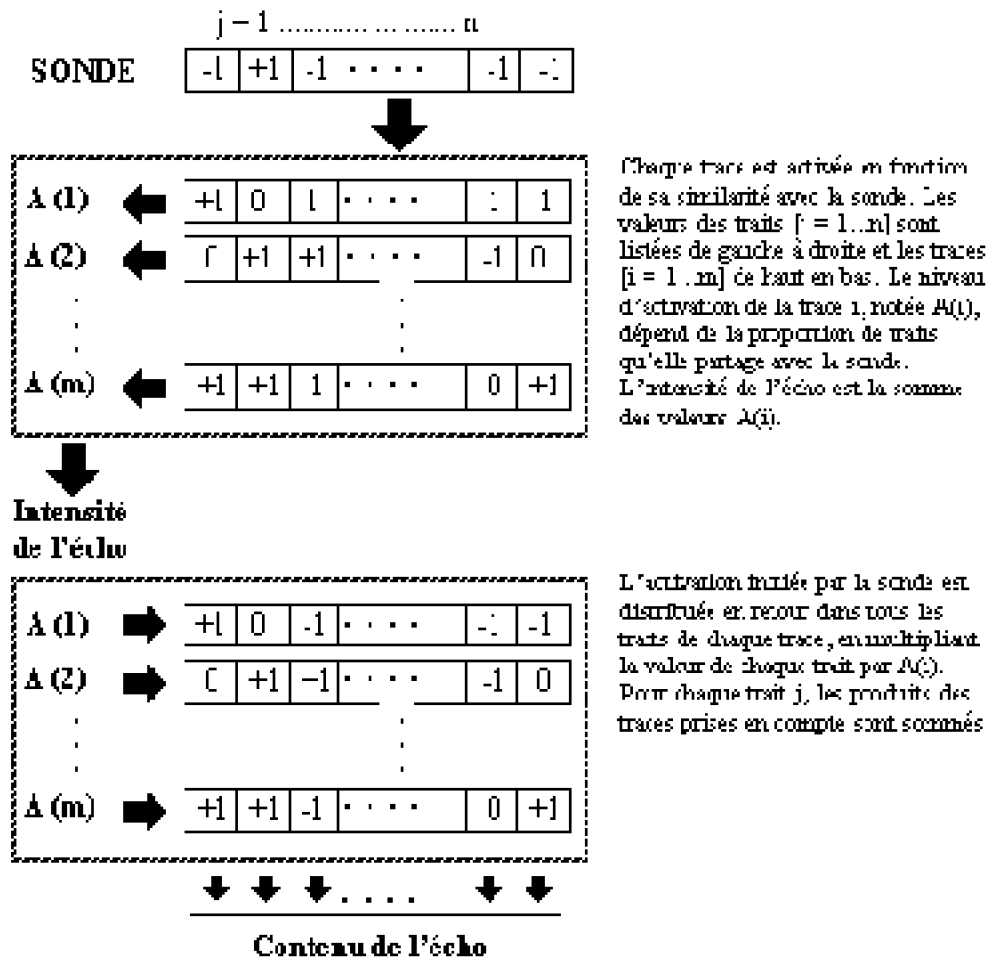


Figure 5. Modèle Minerva 2 de Hintzman (1986)

MINERVA 2 modélise l'intensité et le contenu de l'écho en représentant chaque trace en mémoire et chaque stimulus amorce par un vecteur de valeurs de traits.

Chaque trait peut prendre la valeur +1 (activation de la propriété), la valeur -1 (inhibition de la propriété) ou la valeur 0 (indétermination).

L'apprentissage consiste à copier les traits d'une information dans une trace, chaque trait étant encodé avec une probabilité  $L$  qui s'élève avec le temps de présentation ou avec le nombre de répétitions de l'information. L'oubli, considéré comme l'inverse de l'apprentissage est encodé avec une probabilité  $F$ .

Hintzman ne nie pas la possibilité qu'il puisse exister des connaissances abstraites stockées en mémoire. Cependant ce postulat soulève selon lui le problème de leur apprentissage, de leur modification par l'expérience et du rôle du contexte qui caractérise la connaissance humaine. Il contourne ces questions en supposant que d'éventuelles connaissances abstraites stockées en mémoire n'auraient pas de statut particulier. L'information est abstraite au moment de la récupération plutôt qu'au moment de l'apprentissage, ce qui ne nécessite pas de réorganiser ou d'abandonner d'anciennes

structures mnésiques. Une nouvelle expérience se traduit par une trace qui se rajoute aux anciennes. Ceci modifie la mémoire entière, le comportement du système étant sans cesse modifié par l'accumulation de nouvelles traces. De plus, l'activation en parallèle des traces et le reflet de cette activation dans l'écho selon la similarité entre leurs traits et ceux de l'amorce permet d'intégrer le rôle du contexte.

Afin de démontrer l'effet du contexte, MINERVA 2 intégrait dans certaines de ses expériences de simulation (1986) des traits contextuels à chaque trace.

### 3. Les modèles épisodiques : conclusion

---

Selon Estes (1991), ces modèles épisodiques bien que très différents en forme partagent la même architecture que les modèles de type symbolique dans le sens où la représentation de l'information reste localisée.

En effet, les modèles à traces multiples supposent que chaque expérience est stockée dans une trace indépendamment des autres traces et les modèles d'exemples supposent que chaque exemple est stocké indépendamment des autres exemples.

Il les regroupe sous le nom de 'arrays models' dans lesquels une trace encodée en mémoire est conçue comme étant stockée à une adresse précise et préservant son identité toujours selon la traditionnelle métaphore spatiale. Il les oppose aux modèles de la mémoire distribuée basée sur une architecture dans laquelle l'identité individuelle d'une trace est perdue.

Pendant, ces modèles nous semblent différer des premiers dans la mesure où les connaissances ne sont plus des concepts localisés mais des traces qui sont multidimensionnelles, activées en parallèle et qui peuvent se modifier avec l'accumulation d'autres traces.

Cette importante différence de l'unité mnésique a des implications théoriques importantes : d'une part, il n'est plus nécessaire de distinguer un système sémantique d'un système épisodique, les représentations sémantiques étant les tendances centrales des représentations épisodiques. D'autre part, cette approche permet de décrire à la fois la nature des connaissances, leur organisation, la façon dont elles se construisent et les influences contextuelles. Enfin, elle a permis d'introduire la notion d'évolution des connaissances, ce qui se traduit par une conception de la mémoire plus dynamique que les modèles abstractionnistes. En effet, la fonction principale de la mémoire n'est pas de permettre l'accès à des représentations stockées mais de recréer des configurations de stimulations correspondant à des situations vécues.

Il reste à reconsidérer cette notion de trace mnésique dans une perspective plus souple en accord avec les connaissances actuelles. En effet, il semble peu probable que le système nerveux garde systématiquement une trace de tout ce qu'il traite et que chaque trace soit stockée indépendamment des autres traces comme le supposent les modèles épisodiques. Ce mode de mémorisation serait peu économique, fort coûteux d'un point de vue attentionnel et exigerait une capacité de stockage illimitée.

Une nouvelle forme d'architecture doit être capable d'intégrer cette notion de trace

multiple et épisodique en accord avec les propriétés du système nerveux. C'est ce que propose le courant connexionniste qui remet radicalement en question les modèles à l'intérieur desquels l'information est localisée.

Comme nous l'avons vu dans la première partie de notre exposé, ce paradigme remet également en question la notion classique de représentation telle qu'elle est abordée dans le paradigme cognitiviste. Dans cette perspective, une représentation n'est pas une entité tangible stockée dans un système localisé mais un processus émergent des propriétés du système nerveux.

## **V. Une architecture distribuée de la mémoire : la modélisation connexionniste**

### **1. Modèles cognitivistes vs modèles connexionnistes**

---

On peut situer de façon générale les modèles symboliques dans un paradigme dit cognitiviste ou symbolique défini par les caractéristiques suivantes : les connaissances sont formalisées par des structures symboliques. Les processus cognitifs sont des manipulations symboliques décrites à un niveau relativement abstrait. Le traitement de l'information est localisé et modulaire. Le traitement de l'information repose sur des règles de type séquentiel, d'où la métaphore de l'ordinateur.

Cette modélisation de la cognition présente des inconvénients que l'on ne peut négliger : la perte ou le dysfonctionnement d'un symbole ou d'une règle provoque un dysfonctionnement de l'ensemble. Ces règles symboliques et la logique qui les manipule tendent à produire des systèmes rigides et fragiles, et des contraintes dures. Ce paradigme ne peut rendre compte des propriétés du cerveau tel que sa capacité auto-organisatrice, sa capacité à rester fonctionnel à la suite de dommages importants, ou sa souplesse d'adaptation à de nouveaux environnements.

Le paradigme connexionniste ou sub-symbolique est défini par les caractéristiques suivantes : les connaissances ne sont plus formalisées par des éléments particuliers (les symboles) mais par des configurations d'activité sur un grand nombre d'unités du système (les neurones). Les processus cognitifs sont étroitement dépendants des propriétés du cerveau. L'information est distribuée. Les règles portent sur la propagation de l'activité. Ces règles de modification de la force des connexions constituent des contraintes souples et n'ont d'implications que collectivement.

Le connexionnisme est une modélisation particulière permettant de faire le lien entre données fonctionnelles et physiologiques, d'où la métaphore du cerveau. Du point de vue des neurosciences, il ne semble pas y avoir de règles ou de dispositif central dans le cerveau et l'information ne paraît pas être engrangée à des adresses précises. Le cerveau opère sur la base d'interconnexions entre ensembles de neurones, et ces connexions se modifient en fonction de l'expérience (Changeux, 1983). De par sa

confrontation avec l'environnement, le cerveau produit sans cesse des changements en lui-même.

Cette formalisation de la cognition procède par abstraction à partir de structures neuronales plutôt qu'en formalisant symboliquement les structures mentales. Les structures mentales émergent des structures neuronales, les régularités symboliques émergent de processus parallèles distribués. Selon Smolensky (1988, 1992), cette différence entre le sub-symbolique et le symbolique nous ramène à des questions concernant les divers niveaux d'explication dans l'étude de la cognition.

Cette approche considère la mémoire comme un processus dynamique en constante évolution, comme un 'incessant processus de reconstruction'.

## 2. Principes de fonctionnement des réseaux connexionnistes

---

Les réseaux connexionnistes se réfèrent aux propriétés et à l'architecture du cerveau, c'est-à-dire la transmission de l'influx nerveux et la très grande densité de connexions neuronales. Les neurones des modèles connexionnistes sont des neurones formels qui simulent le fonctionnement des neurones biologiques comme la loi du tout ou rien et la notion de seuil d'activation (Changeux, 1983). Les réseaux connexionnistes sont caractérisés par des noeuds et des liens comme dans les modèles associationnistes. Ils comportent deux ou plusieurs couches de noeuds. Au plus bas niveau, les noeuds sont activés par des entrées correspondant à des schémas perceptuels. Au plus haut niveau, les noeuds reçoivent l'activation des noeuds de bas niveau et activent à leur tour les mécanismes de réponse. Un ou plusieurs niveaux intermédiaires d'unités cachées reçoivent les entrées de bas niveau et les transmettent aux niveaux supérieurs. Ces unités cachées enrichissent le réseau de par leur capacité à former des représentations internes nécessaires dans la résolution de certains problèmes comme le ou exclusif (une catégorie est présente quand un trait x ou y est présent mais pas quand x et y sont présents). Chaque lien entre les noeuds est associé à un poids qui détermine la force de transmission et la mémoire réside entièrement dans cette configuration de poids. Les règles de modification de la force des connexions modifient ces poids durant l'apprentissage. La mémoire est ainsi modifiée par les entrées dans le réseau à chaque nouvelle expérience.

Les modèles connexionnistes de catégorisation (Gluck & Bower, 1988 ; Shanks, 1990 ; Kruschke, 1992) sont basés sur l'idée que l'apprentissage de catégories correspond à l'apprentissage d'associations entre des traits et les catégories auxquelles ils sont associés. Chaque trait qu'un exemplaire possède représente une des entrées du réseau. Les noeuds d'entrée sont connectés par une série de noeuds intermédiaires aux noeuds de sortie. Chaque unité de sortie correspond à une catégorie. Durant l'apprentissage, les poids sont modifiés par un algorithme d'apprentissage de sorte qu'une série de traits donnés activera seulement le noeud de sortie correct et non les autres.

Estes (1989) a élaboré le modèle de contexte afin de caractériser plus précisément les processus d'apprentissage d'une tâche de classification, l'idée étant que les

changements essai par essai dans les représentations des catégories sont une fonction de l'apprentissage. Ses travaux comparaient les prédictions des modèles d'exemples et des modèles prototypiques aux prédictions d'un modèle en réseau au traitement parallèle à une seule couche du type de celui de Gluck et Bower (1988).

Dans le modèle de Kruschke (1990a, 1990b, 1992) ALCOVE, les composants clés du modèle GCM (Nosofsky, 1988) sont implémentés dans un réseau connexionniste multicouches. Au lieu de simplement comparer la similarité d'un stimulus aux exemples stockés en mémoire, ALCOVE suppose que des associations sont apprises entre les exemples stockés (représentés par des unités cachées) et des catégories (représentées par des unités de sortie). Ces associations positives ou négatives qui lient les exemples aux catégories sont pondérées par des poids d'association. Ces poids sont appris par le réseau en utilisant le même algorithme d'apprentissage ou règle delta (rétropropagation de l'erreur de Gluck et Bower, 1988).

Dans le modèle en réseau adaptatif de Gluck & Bower (1988), les poids des connexions sont ajustés proportionnellement à l'erreur produite. Quand l'erreur diminue à travers l'apprentissage, les poids changent de moins en moins. Les unités de traitement sont connectées par des liens associatifs pondérés. Le réseau est composé d'une couche d'unités sensorielles (les unités d'entrée), d'une couche d'unités de réponse (les unités de sortie) et éventuellement d'une couche ou de plusieurs couches intermédiaires (les unités cachées). L'état de chaque unité de traitement à un temps  $t$  est décrit par son activation qui est déterminée par la somme de toutes les connexions afférentes pondérées de cette unité. Cette activation se diffuse le long des connexions soit directement aux unités de sortie soit aux unités intermédiaires qui les relient aux unités de sortie. Après réception d'un feedback concernant le schéma de réponse désiré pour chaque entrée, le système ajuste les poids des connexions pour que les entrées produisent des réponses proches de celles désirées. A travers la répétition d'une série de paires entrée-sortie désirées, le système apprend les poids associés à ces paires. Ces poids correspondent aux forces d'associations dans les théories classiques de l'apprentissage et l'algorithme qui permet leur changement en fonction des feedbacks correspond aux règles d'apprentissage dans les théories traditionnelles. La règle delta est une règle d'apprentissage qui corrige l'erreur en minimisant l'écart entre les réponses attendues et les réponses données.

### **3. Un modèle épisodique et connexionniste : Whittlesea (1987, 1990)**

Selon cet auteur, les interprétations extrêmes des modèles de type 'symbolique' ou des modèles de type 'épisodique' ne peuvent à elles seules expliquer les phénomènes de mémorisation et de conceptualisation. A travers un 'modèle hybride', il défend l'idée d'un seul système de mémoire dont la modélisation est proche des modèles épisodiques mais dans une perspective connexionniste : l'architecture de la mémoire est un réseau à l'intérieur duquel l'information au sujet de chaque épisode de traitement est distribuée, activée et récupérée en parallèle.

Whittlesea dépasse la dichotomie sémantique-épisodique en prenant en compte la variabilité de l'encodage. L'information est encodée en fonction de l'expérience, la nature de l'unité de traitement étant influencée par la tâche dans laquelle les stimuli sont traités.

Selon les besoins de la tâche, le sujet focalisera son attention sur une dimension particulière ou bien le traitement d'une dimension sera dépendante du traitement des autres dimensions. Ces traitements analytiques ou globaux dépendent du degré d'intégration des dimensions d'une information, ce que Whittlesea appelle « processing integration ». Selon ce processus, un stimulus sera traité comme un tout ou des parties séparées. Les représentations résultantes diffèrent selon l'importance et l'organisation des détails encodés et ne constituent pas différentes formes de mémoire. De même qu'Estes, Whittlesea souligne que dans les modèles épisodiques, les concepts sont distribués dans les traces mais les traces restent distinctes. Dans le modèle qu'il développe, les traces elles-mêmes sont distribuées à travers une matrice de représentation et l'identité unique de chaque trace n'est pas explicitement préservée.

Son modèle est un modèle de type connexionniste PDP (parallel distributed processing=traitement parallèle distribué) qui consiste en un système d'unités de traitement interconnectées. Initialement, le système ne contient pas d'informations et les unités de traitement sont inactives. Sous l'impulsion d'un stimulus externe, elles deviennent actives entraînant la modification des forces de connexion. Lorsque les changements dans les activités des unités et dans les forces de connexion se stabilisent, le schéma d'interconnectivité est modifié, d'où l'apprentissage à l'intérieur du système. Ce schéma d'interconnectivité constitue la représentation interne du stimulus et le traitement de chacun de ses éléments est distribué à travers le réseau entier d'unités. Le modèle construit ainsi une représentation dans laquelle la connaissance de chaque composant d'un stimulus dépend de la connaissance de ses autres composants.

L'originalité des travaux de Whittlesea est d'étudier les effets épisodiques du traitement de l'information dans des tâches de classification perceptuelle qui ne nécessitent pas l'utilisation délibérée de la mémoire. Selon lui, la perception dépend de la mémoire qui ne préserve pas seulement les propriétés particulières d'un stimulus (ses dimensions) mais code aussi les propriétés des expériences particulières de ce stimulus (l'organisation de ses dimensions). Ce codage est fonction du traitement exigé par la tâche.

Par exemple, dans certains de ses travaux (Whittlesea & Brooks, 1988) il était demandé aux sujets d'identifier des lettres seules ou à l'intérieur de pseudomots. Les résultats démontrent que le type de tâche dans une phase d'apprentissage détermine les performances dans la phase test : le fait de demander aux sujets de copier les stimuli dans la phase d'apprentissage permet une meilleure identification des lettres à l'intérieur des pseudomots que des lettres seules alors que le fait de leur demander de copier les lettres seules permet une meilleure performance sur l'identification des lettres seules. Ainsi, la perception des sujets est influencée par la tâche d'apprentissage (copier les stimuli comme un tout ou composant par composant). Elle dépend des caractéristiques spécifiques des expériences particulières qui sont mémorisées. Des expériences similaires de comparaison de mots naturels vs des lettres et de phrases vs des mots (Whittlesea & Brooks, 1988) ont donné des résultats similaires. Les auteurs en concluent qu'une perception optimale des composants d'un stimulus dépend de la réinstallation du contexte d'origine dans lequel ils ont été traités et que ce contexte est déterminé par le type de traitement exigé par la tâche.

Il a introduit dans son modèle une variable de traitement nommé VISA (variable d'intégration et attention sélective) dont les valeurs diffèrent selon le type de tâche et l'unité de traitement. VISA est un mécanisme d'attention sélective qui détermine quelles sont les dimensions d'un stimulus qui sont traitées avec le plus d'attention et si ces dimensions sont traitées intégralement ou de façon analytique.

Cette variable présente trois types d'entrées possibles : un stimulus nominal comme par exemple une série de lettres, la réponse demandée comme par exemple le nom du stimulus ou d'une partie du stimulus et un focus attentionnel.

Elle est divisée en deux sous-systèmes de traitement qui diffèrent selon le type d'entrée : un sous-système répond aux amorces concernant le stimulus nominal, l'autre sous-système répond aux amorces concernant la réponse demandée.

Chaque sous-système est constitué de deux couches d'unités : la première couche est une couche de communication qui reçoit l'énergie de l'extérieur et la communique à la seconde couche. La seconde couche est une couche d'association qui reçoit l'énergie de la couche de communication et des indices qui déterminent l'attention sélective.

Cette énergie se communique d'un système à un autre à travers leurs couches d'association réciproques durant l'apprentissage, ce qui permet au modèle de construire une représentation combinée des dimensions du stimulus et de la réponse demandée. Sur les essais test, cette représentation détermine la réponse du système qui correspond à un schéma d'activité des unités d'association du sous-système de réponse. Sur les essais d'apprentissage, les unités d'association reflètent l'activité de leurs unités de communication respectives, ces dernières étant inactives sur les essais test dans la mesure où il n'y a pas de réponse demandée. Quoi qu'il en soit, la présentation du stimulus active les unités du sous-système d'association et ces unités activent les unités de réponse à travers les interconnexions construites durant l'apprentissage. La réponse du système dans les essais test dépend de ce que le système apprend au sujet du stimulus et de la réponse demandée dans les essais précédents.

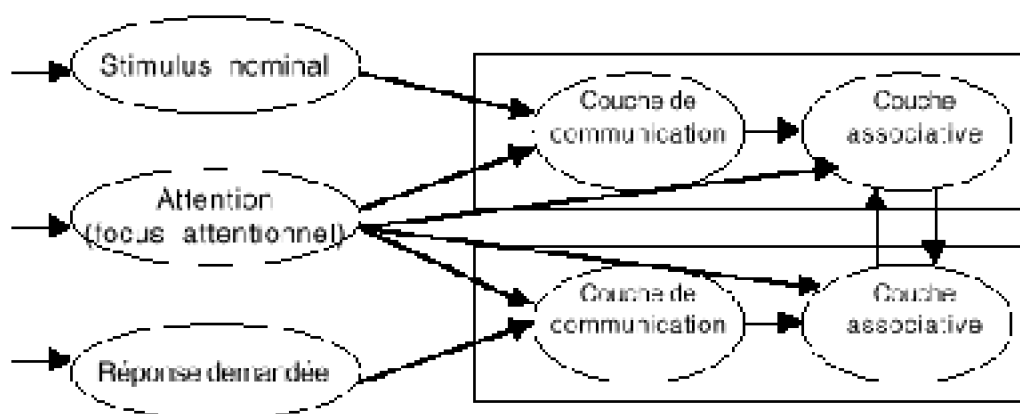


Figure 6. Modèle VISA (Whittlesea, 1990)

Le modèle distingue trois modes d'attention :

Une sélection pré-attentionnelle selon laquelle le sujet connaît au préalable les dimensions pertinentes du stimulus, ce qui lui permet d'orienter son traitement. Dans VISA, ce mode d'attention sélective opère au niveau du sous-système stimulus nominal et est modélisé dans les essais d'apprentissage. L'événement est représenté par le développement d'interconnexions entre les unités sélectionnées du sous-système stimulus nominal et les quelques unités actives du sous-système de réponse, tandis que toutes les unités non pertinentes sont au repos. Un changement dans les traits contextuels du stimulus entre l'apprentissage et le test n'a pas d'incidence sur la réponse du modèle car la représentation formée dans l'essai d'apprentissage entre la dimension pertinente et sa réponse est indépendante des éléments du contexte.

Une sélection post-attentionnelle selon laquelle les dimensions pertinentes ne sont connues qu'après la présentation du stimulus ce qui laisse peu de choix au sujet. Ce mode d'attention est généralement réservé aux essais test. Pour simuler le fait que le stimulus est présenté avant que l'information à traiter ne soit donnée, le modèle permet tout d'abord le traitement de toutes les dimensions du stimulus, une sélection tardive ne se faisant qu'au niveau du sous-système de réponse. Dans ce cas, la réponse apprise à la sélection de l'amorce n'anticipe pas mais interagit avec le traitement des éléments du stimulus. L'effet de cette interaction dépend du type de représentation que le système construit durant l'apprentissage. Si le traitement antérieur est global, l'activité de chaque unité dépend de l'activité des autres unités et la suppression de certaines de ces unités signifie que le traitement du stimulus entier est dégradé, d'où des performances pauvres. Si le traitement antérieur est analytique, les unités correspondant à l'information traitée sont interconnectées séparément des dimensions non pertinentes.

Une attention non sélective selon laquelle l'attention du sujet ne se porte pas sur une ou des dimensions particulières. Dans ce cas, le stimulus est supposé être traité et encodé comme un tout. Le modèle construit une représentation intégrant tous les aspects du stimulus nominal et de la réponse demandée. Si le stimulus est altéré entre l'apprentissage et le test, l'assemblée d'unités d'association interconnectées répond moins bien dans la mesure où l'activité de chaque unité dépend de celles des autres. Ainsi, la capacité du système à identifier un élément particulier dans le test dépend de la reconstitution du contexte dans lequel cet élément a été originellement encodé.

Ces trois modes d'attention ont permis à la variable VISA de modéliser le degré d'intégration du traitement que les sujets humains manifestent dans les expériences citées ci-dessus.

Au niveau informatique, chaque composant est représenté par quatre éléments, différentes configurations représentant différents composants. Ce choix de quatre unités est arbitraire mais suffisamment large pour permettre de multiples configurations. Chaque composant prend une valeur allant de 0 (les unités du système sont inactives) à 1 (les unités du système sont actives). Par exemple, un stimulus A est représenté par la configuration 1111, un stimulus composé AA par 11111111, un stimulus A suivi d'un blanc



---

par 11110000. Les instructions concernant l'attention sont encodées de façon similaire, le code 1 signifiant accorder de l'attention à telle information, le code 0 signifiant ignorer telle information. Ainsi, une commande du système sur un essai d'apprentissage est représentée par une configuration complète. Par exemple, la configuration 11111111 11110000 11110000 11111111 signifie que le stimulus AA est couplé avec la pré-instruction « n'accorder de l'attention qu'à la lettre de gauche », que la réponse demandée est le A suivi d'un blanc couplé à l'instruction « accorder de l'attention à toute la réponse. Pour simuler le traitement parallèle sur un ordinateur, le modèle répète des cycles à travers les couches de ses sous-systèmes avec de petits ajustements sur chaque composant jusqu'à ce qu'il atteigne une activité stable.

#### 4. Une architecture distribuée de la mémoire : conclusion

---

L'architecture connexionniste reprend le concept de diffusion de l'activation dans un réseau du modèle sémantique de Quillian (1969) et défend l'idée d'un seul système de mémoire comme dans les modèles épisodiques. Cependant, elle ne postule pas l'existence de concepts stockés en mémoire et ne garde pas une trace séparée de chaque représentation comme dans les modèles vus précédemment. Les unités mnésiques sont de plus bas niveau et les représentations en mémoire émergent de leur activation en parallèle. De ce fait, la nature des unités mnésiques est dépendante de leur architecture car elle ne prend son sens qu'à l'intérieur d'une organisation en réseau. La mémoire est un système unique mais distribué sur plusieurs structures cérébrales. A travers le principe d'ajustement des poids des connexions, cette modélisation rend compte de la plasticité de nos connaissances et de la capacité d'apprentissage d'un système à mémoire. En ce sens, elle est une alternative intéressante aux impasses du paradigme cognitiviste. Elle tente de réconcilier au sein des sciences cognitives les données de la psychologie et des neurosciences, d'où le grand intérêt qu'elle suscite ces dernières années. En effet, au vu de l'expansion des sciences qui étudient le fonctionnement mental, il apparaît difficile d'interpréter les données de la psychologie si elles sont incompatibles avec les principes du fonctionnement cérébral. Les concepts d'émergence, d'auto organisation, d'adaptation et de plasticité sont incontournables dans l'étude des grandes fonctions mentales.

Le modèle de Whittlesea (1987, 1990) est un modèle de mémoire intéressant car il dépasse les interprétations extrêmes des modèles abstractionnistes et des modèles épisodiques qui ne peuvent à eux seuls rendre compte des phénomènes de mémorisation. Si l'encodage automatique de l'information abstraite ne peut fournir une interprétation satisfaisante du traitement de l'information, l'encodage exclusif des exemples particuliers ne le peut non plus.

Comme nous l'avons vu précédemment, ces deux types de modèles ont en commun de considérer que l'information stockée en mémoire est localisée. Cette perspective, au vu des propriétés plastiques de notre système nerveux est une impasse que l'architecture connexionniste permet de dépasser.

De ce fait, le modèle de Whittlesea a l'avantage d'être un modèle épisodique qui intègre une architecture connexionniste. La mémoire est un seul système qui code

chaque épisode de traitement sur un mode distribué, ce qui lui confère de multiples propriétés comme une grande flexibilité, des capacités d'adaptation et d'apprentissage, une sensibilité au contexte, etc.

Dans cette perspective, l'abstraction de l'information générale n'est pas un processus automatique mais le produit de traitements inhérents à certaines tâches. De même, l'information concernant des événements particuliers est encodée en fonction de l'expérience de ces événements et l'unité de traitement de l'information varie avec la tâche dans laquelle les stimuli sont traités. Ainsi, la variabilité de l'encodage est un argument pertinent contre les interprétations extrêmes des modèles abstractionnistes et des modèles d'exemples. Elle permet de rendre compte d'une variété de phénomènes mentaux à travers la préservation d'expériences particulières. Cependant, contrairement aux modèles épisodiques vus plus haut, les unités mnésiques ne sont pas des traces qui s'accumulent mais des unités distribuées dont le format diffère selon les circonstances (traitement global ou analytique). Le modèle répond à la variabilité du contexte grâce à la flexibilité de l'attention et au processus d'intégration, à son traitement parallèle et à ses représentations distribuées. Il est capable de simuler la sensibilité humaine et suggère une compréhension de la mémoire en termes de système dynamique et interactif.

Ses travaux de 1987 ont démontré que l'utilisation de représentations abstraites n'est pas automatique. Cette utilisation dépend des demandes de la tâche et de la structure du matériel et la représentation est dépendante du contexte dans lequel a lieu le traitement. Whittlesea interprète ces résultats non pas en termes de différences entre informations stockées ayant différents impacts sur la performance mais en termes de différences dans l'encodage et la récupération qui dépendent des attentes du sujet, des exigences de la tâche, de la similarité entre la situation présente et les situations passées et de la nature du matériel.

## C. LA MODELISATION DE LA MEMOIRE : CONCLUSION

Afin d'argumenter en faveur de cette conception de la mémoire, nous nous proposons de dégager des variables et des tâches qui nous semblent pertinentes pour discriminer les différents modèles vus précédemment. Dans des tâches de catégorisation et de discrimination d'exemplaires, nous étudierons l'effet de la prototypie des exemplaires et l'effet de la similarité d'un exemplaire par rapport à une base d'exemplaires mémorisés au préalable. Dans cette perspective, les variables prototypie et similarité sont exprimées en termes de distance perceptive entre exemplaires. Nous ferons varier les tâches des phases d'apprentissage et des phases test, les deux phases pouvant être identiques ou différentes. Enfin, nous ferons varier la nature du matériel, les stimuli pouvant être plus ou moins prototypiques et/ou distants perceptivement les uns des autres.

Selon les modèles, l'effet des variables prototypie et similarité sur les performances ont des interprétations différentes.

Dans les modèles abstractionnistes, la prototypie d'un concept est fonction de sa distance par rapport à une valeur moyenne ou tendance centrale qui est le prototype. La similarité entre deux concepts est fonction de leur distance sémantique. Prototypie et similarité se traduisent en termes de distance ou de nombre de traits partagés entre un exemplaire et son prototype ou entre deux concepts dans un réseau hiérarchique. Dans ces modèles, l'abstraction des aspects typiques des exemplaires d'une catégorie permet la représentation résumée ou prototype de cette catégorie. Les jugements au sujet des

exemplaires sont faits sur la base de leur typicalité ou similarité au prototype.

Les travaux de Rosch (1975) ont montré que les exemplaires des catégories naturelles, comme légume, vêtement, accessoires, etc, varient le long d'une échelle de typicalité. Par exemple, carotte est un exemplaire plus représentatif de la catégorie légume que champignon, la prototypie étant définie en termes de nombre de propriétés communes entre l'exemplaire et le prototype. Ces catégories sont supposées être structurées selon un gradient de typicalité qui dépend de la représentation de la catégorie en mémoire. Elle a présenté à des sujets des paires d'exemplaires représentatifs et des paires d'exemplaires peu représentatifs, peu de temps après la présentation d'une catégorie amorce ou d'un mot sans signification. Les sujets devaient juger si les deux membres de la paire étaient identiques ou différents. Aussi bien avec des images qu'avec des mots, l'amorçage avec le nom de la catégorie entraînait des temps de réaction courts pour les exemplaires représentatifs. Avec des exemplaires peu typiques ou atypiques, aucun effet d'amorçage n'était observé.

Rips et al (1973), Rosch (1973) et Smith et al (1974) ont montré que le temps de réaction dans une tâche de catégorisation dépend étroitement du degré de typicalité de l'exemplaire par rapport à sa catégorie. Selon la théorie de la diffusion de l'activation, des stimuli atypiques mettront plus de temps à être catégorisés que des stimuli typiques. Les liens superordonnés diffèrent en accessibilité ou force et leur accessibilité dépend de leur utilisation. Par ce fait, l'accessibilité d'un lien est corrélé à son degré de typicalité. C'est parce qu'il est atypique qu'un lien superordonné est faible et entraînera un temps de réaction plus long dans la catégorisation d'exemplaires atypiques.

De nombreux travaux ont validé la pertinence de la prototypie dans diverses situations expérimentales. Des gradients de typicalité ont été observés avec des catégories de couleur (Rosch, 1975), des catégories naturelles bien définies comme forme géométrique ou féminin (Amstrong, Gleitman & Gleitman, 1983), ou des catégories artificielles bien définies (Bourne, 1982 ; Vandierendonck, 1988, 1989 ; 1990).

Selon les modèles épisodiques, seuls les événements particuliers sont représentés directement en mémoire. On ne se réfère pas à une valeur moyenne pour évaluer la prototypie mais à la moyenne des valeurs de tous les stimuli stockés. La prototypie correspond à la distance moyenne entre un stimulus donné et l'ensemble des stimuli de la catégorie stockés en mémoire. Cette interprétation suppose que les exemplaires d'une catégorie sont distribués dans un espace de façon à ce que leur densité soit corrélée à leur typicalité. Les exemplaires les plus typiques ont plus de voisins que les exemplaires atypiques. La similarité entre deux exemplaires est fonction de leur degré de ressemblance.

Selon les modèles, cette similarité se calcule différemment :

Dans le modèle à traces multiples d'Hintzman, la similarité est la somme des distances entre les stimuli sur chacun des traits. En appliquant MINERVA 2 à un paradigme expérimental de catégorisation, Hintzman rend compte de phénomènes observés dans la littérature (effets d'oubli différents entre les prototypes et les anciens stimuli, effets de typicalité, effets de la taille de la catégorie) utilisés comme arguments allant dans le sens des modèles abstractionnistes. La simulation utilisait trois catégories,

les membres des catégories étant créés en altérant les traits du prototype. Par exemple, pour des distorsions faibles, deux traits du prototype sélectionnés au hasard étaient multipliés par  $-1$ . Pour des distorsions importantes, quatre traits étaient déviés dans ce sens. Dans une première expérience de simulation, 3, 6 et 9 distorsions généraient des stimuli à partir des trois prototypes, chaque stimulus étant stocké avec le nom de sa catégorie dans une trace en mémoire secondaire. Les sujets simulés de MINERVA 2 étaient capables de retrouver le prototype, c'est-à-dire une information abstraite non stockée en mémoire à partir du stimulus amorce (soit le nom de l'amorce sans les traits du stimulus, soit le stimulus amorce sans les traits du nom de la catégorie). L'écho généré à partir des stimuli amorces ressemblait plus aux prototypes qu'à n'importe quel exemplaire stocké. Une seconde expérience de simulation démontrait que le modèle était capable de retrouver le nom de la catégorie à partir du prototype comme amorce quand ce dernier était stocké avec un exemplaire de la catégorie.

Le modèle à traces multiples explique tous ces résultats par le fait que la classification est déterminée par toutes les traces activées en mémoire secondaire selon leur similarité à l'information traitée. Les concepts abstraits n'ont pas de représentations uniques et l'information retrouvée dépend de l'intensité et du contenu de l'écho qui reflète les traces activées par le stimulus amorce.

Dans le modèle d'exemple de Medin et Schaffer (1978), la similarité est le produit des similarités sur chacun des traits des stimuli, ce qui accentue le poids des similarités nulles. Dans le modèle de Nosofsky (1988), la typicalité est fonction de la fréquence de présentation des items et la similarité est une fonction exponentielle de la distance des stimuli dans l'espace. Des expériences d'apprentissage de classification perceptuelle manipulaient la fréquence de présentation des exemples individuels qui étaient plus ou moins similaires aux membres de la cible et aux catégories alternatives. Dans l'expérience 1, les sujets apprenaient à classer des couleurs appartenant à deux catégories en fonction des dimensions brillance et saturation. Dans la phase d'apprentissage, ils voyaient à chaque essai une couleur qu'ils devaient catégoriser dans la catégorie 1 ou 2, certains items étant présentés cinq fois plus que les autres. Un feedback leur indiquait la réponse correcte. Dans une phase de transfert, les 12 couleurs utilisées durant l'expérience leur étaient présentées dans un ordre aléatoire. Les sujets devaient classer chaque couleur dans la catégorie 1 ou 2 sur une échelle de valeur allant de 1 à 10 selon le degré avec lequel ils estimaient la réponse correcte et sur une autre échelle de 1 à 10 selon le degré avec lequel ils estimaient la couleur typique de sa catégorie. Les prédictions du modèle étaient que la précision de classification et les taux de typicalité augmenteraient avec la fréquence de présentation pour les items manipulés (présentés cinq fois plus que les autres) et pour les items similaires aux items manipulés. Les résultats allaient dans le sens des prédictions du modèle. L'expérience 2 utilisait la même procédure sauf que l'item manipulé était un item atypique, c'est-à-dire peu représentatif de sa catégorie. Les prédictions du modèle étaient que la précision de classification et les taux de typicalité augmenteraient pour l'item manipulé et pour les items similaires appartenant à la même catégorie et diminueraient pour les items similaires appartenant à la catégorie opposée. Comme dans l'expérience 1, les résultats allaient dans le sens des prédictions. Les résultats des deux expériences démontrent que

la manipulation de la fréquence influence les degrés de typicalité des items typiques et atypiques et peut influencer les degrés de typicalité des catégories opposées.

Selon Nosofsky, la principale interprétation de ces résultats est que la présentation fréquente d'un stimulus augmente la fréquence avec laquelle ce stimulus est stocké en mémoire. Les sujets apprennent à catégoriser en stockant des exemples individuels en mémoire et les décisions de classification sont basées sur la comparaison des stimuli aux exemples stockés. Les comparaisons quantitatives favorisent les prédictions du modèle au-delà des modèles prototypiques et des modèles d'exemples insensibles à la fréquence.

Dans les modèles connexionnistes, l'activation d'une configuration d'unités à un moment donné détermine un état du système. Une information prototypique serait donc un état moyen du système, une sorte d'abstraction d'une configuration. La similarité se traduit en termes de différence entre deux états du système.

Dans le modèle de Whittlesea (1987, 1990), la prototypie est l'émergence d'une valeur centrale selon les contraintes de la tâche, du matériel ou de l'attention du sujet. Les effets de prototypie ne sont donc pas automatiques mais dépendent, dans une perspective réseaux de neurones, de l'état du système à un moment donné. La similarité est la distance entre deux stimuli sur une dimension donnée (perceptive, sémantique, etc). Du fait du degré d'intégration des différentes dimensions, la similarité entre les traces n'est pas une fonction invariante. Selon Whittlesea, elle sera une fonction linéaire du nombre de composantes partagées si les composants d'une trace sont accessibles indépendamment les uns des autres (traitement analytique). Par contre, si la trace est constituée de composantes non indépendantes (traitement global), compter le nombre de traits partagés ne sera pas une façon pertinente de mesurer la similarité et la relation sera non linéaire.

Nous nous sommes inspirés des travaux de Whittlesea (1987) qui a vérifié que les représentations des connaissances générales, abstraites dépendent des expériences spécifiques, des épisodes de traitement à partir desquels elles sont extraites. Contrairement à ce qui se fait d'habitude (tâche de catégorisation), il a utilisé dans huit expériences, une épreuve perceptive d'identification de pseudomots. A partir de deux items prototypiques FURIG et NOBAL, il a créé deux catégories d'items déviés. Quatre lettres (P Y K E T) servaient aux distorsions appliquées symétriquement aux deux prototypes. Dans les séries I, II et III, les items différaient des prototypes de une, deux ou trois lettres. Dans la série IV, les items différaient des prototypes par au moins quatre lettres et correspondaient aux items renversés des séries IIa. A l'intérieur des séries I et II étaient déviées des sous séries : Les Ib étaient déviés d'une lettre du prototype comme les Ia et déviés d'une lettre des Ia. Les IIb étaient déviés de deux lettres du prototype et déviés d'une lettre des IIa. Les IIc étaient déviés de deux lettres du prototype et déviés de deux lettres des IIa et d'une lettre des IIb. Cette manipulation permettait d'avoir des items de même prototypie mais plus ou moins distants les uns des autres.

Whittlesea a récapitulé dans un tableau les 10 pseudomots déviés des prototypes dans chaque série.

TYPE DE STIMULUS						
Ia	Ib	Ila	Ilb	Ilc	III	IV
FURIG						
FUKIG	FUTIG	FEKIG	FYGIG	FUKIP	PEKIG	GIKEF
FUREG	FURYG	FUTEG	FUTYG	PUTIG	FYTEG	GETUF
PURIG	KURIG	PURYG	PUREG	FURYT	PURYT	GYRUP
FYRIG	FERIG	FYRIP	FERIP	FYREG	FYKIP	PIRYF
FURIT	FURIP	KURIT	PURIT	KERIG	KURET	TIRUK
NOBAL						
NOKAL	NOTAL	NEKAL	NYKAL	NOKAP	PEKAL	LAKEN
NOBEL	NOBYL	NOTEL	NOTYL	POTAL	NYTEL	LETON
POBAL	KOBAL	POBYL	POBEL	NOBYT	POBYT	LYBOP
NYBAL	NEBAL	NYBAP	NEBAP	NYBEL	NYKAP	PABYN
NOBAT	NOBAP	KOBAT	POBAT	KEBAL	KOBET	TABOK

La procédure générale comprenait trois phases : un pré-test durant lequel un pseudomot était exposé durant 30 ms, suivi d'un masque : les sujets devaient reproduire sur papier les cinq lettres du stimulus en position correcte. Une phase d'entraînement durant laquelle les sujets devaient recopier des pseudomots présentés à l'écran. Un post-test identique au pré-test. Chaque essai dans les pré et pos-tests était évalué par le nombre de lettres restituées en position correcte. Pour chaque item, le score du post-test moins le score du pré-test donnait le gain de score. Les gains étaient moyennés sur les dix pseudomots de chaque série fournissant un gain de perceptibilité pour chaque type de stimulus. D'une expérience à l'autre, seuls variaient les stimuli utilisés dans la phase d'apprentissage et dans les stimuli de transfert (pré et post-tests). Dans les trois dernières expériences, des variations plus importantes étaient introduites. Ce paradigme expérimental avait pour objectif de tester différents types de modèles et de démontrer que le modèle épisodique pouvait interpréter des résultats généralement utilisés pour supporter les théories prototypiques. Le modèle de Whittlesea propose une interprétation de la typicalité en termes de similarité à tous les exemplaires et intègre l'influence de la similarité entre une amorce et des exemplaires particuliers. Son modèle épisodique suppose que les multiples exemplaires encodés influencent simultanément le traitement d'une amorce, que le traitement de cette amorce est facilitée par n'importe quel exemplaire selon son degré de similarité et que la facilitation totale du traitement d'une amorce est la somme de la facilitation reçue par chaque exemplaire séparément. Il suppose que le nombre de traits partagés dépend de l'expérience du sujet dans le traitement du stimulus, c'est-à-dire du degré avec lequel le sujet intègre les dimensions du stimulus en les traitant à travers une tâche particulière. Selon la tâche, les dimensions du stimulus peuvent être traitées comme des unités séparées ou comme une seule unité.

Le modèle suppose également que la similarité entre une dimension d'une trace et une dimension d'une amorce est échelonnée de 0 à 1, 0 représentant une similarité nulle. La somme de ces similarités correspond à la similarité multidimensionnelle entre la trace et l'amorce. La fonction de similarité est définie par le degré d'intégration des dimensions. Le modèle définit un paramètre d'intégration  $r$  qui reflète le degré de dépendance des

dimensions dans la trace. Plus  $r$  est important, plus les dimensions du stimulus sont traitées comme une seule unité. Dans les six premières expériences,  $r$  est fixé à 3 (le stimulus est traité comme une seule unité), dans les deux dernières  $r$  est fixé à 1 (les traits du stimulus sont traités séparément). Le modèle spécifie la fonction de similarité à travers une formule lui permettant de faire des prédictions.

$$\text{Facilitation totale relative} = \sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^n p^{r_{ij}} \right)^{1/r}$$

$p_{ij}$  : degré de correspondance entre les  $i$ th dimensions de la cible et les  $j$ th dimensions de la trace

$r$  : paramètre d'intégration des dimensions du stimulus

Les résultats et les prédictions des huit expériences sont représentés dans un tableau récapitulatif.

Expérience Stimuli d'apprentissage Gains de score Prédications

1a la la : 1.36 la : 1.87

Ib : 0.78 Ib : 1.38

IV : 0.17 IV : 0.03

1bIIaIIa : 1.49IIa : 1.21

IIc : 0.75 IIc : 0.58

IV : 0.13 IV : 0.14

2IIa IIa : 1.07IIa : 1.21

IIb : 0.80 IIb : 0.82

IIc : 0.51IIc : 0.58

3IIa la : 0.95la : 0.93

IIa : 1.13IIa : 1.21

III : 0.75III : 0.70

4IIa la : 0.81la : 0.92

IIbIIa : 0.78IIa : 0.87

IIcIII : 0.58III : 0.58

5IIaIIa : 1.22IIa : 1.21

IIc : 0.65IIc : 0.58

III : 0.86III : 0.70

6IIaIIa : 75.60IIa : 1.21

IIc : 69.86IIc : 0.58



III : 72.26III : 0.70  
7IIaIIa : 72.94IIa : 0.26  
IIc : 71.26IIc : 0.26  
III : 71.34III : 0.24  
8IIaIIa : 0.57IIa : 0.80  
IIa : 0.34IIa : 0.60  
III : 0.11III : 0.40

## Expérience 1

Quinze étudiants participaient à l'expérience 1a et 1b.

Dans les pré et post tests, les sujets voyaient une seule fois chaque pseudomot présenté. Dans la phase d'apprentissage, les sujets voyaient chaque pseudomot trois fois.

Les sujets n'étaient pas informés qu'il s'agissait d'une tâche conceptuelle et qu'il y avait deux catégories d'items.

Dans les deux expériences 1a et 1b, les items anciens (ceux présentés lors de l'apprentissage) sont les mieux perçus suivis des nouveaux items de même prototypie que les anciens, suivis des items les moins prototypiques.

Ces résultats sont proches des prédictions des modèles du plus proche voisin (Nahinsky & Morgan, 1983 ; Reed, 1972) selon lesquels une amorce active l'exemplaire stocké en mémoire qui lui ressemble le plus. Dans cette perspective, la précision de perception varie avec le nombre de traits partagés entre l'amorce et les items d'apprentissage. Ils contredisent les prédictions des modèles prototypiques (Rosch & Mervis, 1975 ; Rosch, 1977) qui supposent que seule l'information sémantique intervient dans le traitement de l'information. Selon ces modèles, les items de même prototypie auraient dû être perçus de la même façon qu'ils soient anciens ou nouveaux.

## Expérience 2

Trente étudiants participaient à l'expérience. La procédure était la même que celle de l'expérience 1. Seules les séries de stimuli utilisés changeaient.

Tous ces stimuli différaient du prototype de deux traits mais les stimuli de transfert différaient des stimuli d'apprentissage de zéro, un ou deux traits. La théorie de la double mémoire prédisait que les IIaA (anciens car déjà présentés) seraient mieux traités que les autres items du fait d'avoir été encodés durant la phase d'apprentissage et que les IIb et

les IIc seraient perçus de façon égale étant de même degré de prototypie. Le modèle du plus proche voisin prédisait que les IIb seraient mieux perçus que les IIc du fait de leur plus grande ressemblance avec les items d'entraînement.

Les résultats indiquent que les stimuli anciens sont les mieux perçus, suivis des IIb qui sont mieux perçus que les IIc. Ces résultats contredisent les prédictions des modèles qui supposent deux systèmes de représentations : un système épisodique et un système sémantique (Posner & Keele, 1968 ; Homa et al, 1981).

De même que dans l'expérience 1, ces résultats sont en accord avec les prédictions du modèle du plus proche voisin.

### Expérience 3

Les gains de score de l'expérience 3 démontrent que les items d'entraînement sont mieux perçus que les items Ia bien que ces derniers soient plus prototypiques. Cependant, les Ia sont mieux perçus que les III. Ces résultats contredisent les prédictions des modèles du plus proche voisin (Hayes-Roth & Hayes-Roth, 1977 ; Homa et al, 1981 ; Reed, 1972) qui supposent que chaque exemplaire présenté est encodé sans qu'une représentation prototypique soit abstraite. Selon ces modèles, le traitement d'un stimulus sera influencé par l'exemplaire encodé le plus similaire. Les stimuli III devraient donc être perçus comme les stimuli Ia, les deux types étant pareillement distants du type II.

Les résultats de cette expérience démontrent des effets de prototypie et de distance. Les théories prototypiques interprètent l'effet de la prototypie par la représentation directe de la typicalité à travers l'abstraction d'un prototype. Selon Reed (1977), la typicalité n'est pas directement codée. Elle reflète l'influence d'une série d'exemplaires sur une amorce de par leur proximité. Ainsi, la typicalité peut être définie en termes de similarité au centre ou en termes de similarité à tous les exemplaires.

### Expérience 4

La procédure était la même que dans l'expérience 3, à l'exception des stimuli d'apprentissage. Trois séries de stimuli étaient utilisées, chaque stimulus étant présenté une seule fois afin d'avoir 30 essais comme dans les expériences précédentes.

Le modèle épisodique prédisait un meilleur traitement des stimuli de type Ia suivis des IIaA, suivis des III avec une très faible différence entre Ia et IIaA. Il prédisait que la dispersion des stimuli d'apprentissage favoriserait le traitement des items les plus prototypiques. En effet, ceux-ci ne sont distants que d'une lettre des stimuli d'apprentissage comme les III alors que les IIaA pouvaient être distants de zéro, d'une ou de deux lettres des stimuli d'apprentissage.

Les résultats vont dans le sens des prédictions du modèle épisodique qui peut

interpréter ces résultats généralement expliqués par les modèles prototypiques en supposant un accès en parallèle aux multiples traces codées en mémoire. Ceci permet un effet global de la prototypie interprétée en termes de similarité à tous les exemplaires.

### Expérience 5

L'expérience 5 invalidait également les prédictions purement basées sur la typicalité. Des items de type III étaient mieux perçus que des items de type IIc car ils sont plus similaires aux IIa (distants d'une lettre) que les IIc (distants de deux lettres).

### Expérience 6

Des variations importantes étaient introduites dans la procédure de cette expérience :

Au début de la phase d'apprentissage, les sujets connaissaient l'existence des deux catégories et prenaient connaissance des deux prototypes. Ils connaissaient également la nature du matériel et la façon dont celui-ci avait été construit. La série entière des stimuli d'apprentissage leur était présentée, chaque stimulus étant classé dans sa catégorie dans une liste verticale. Les sujets voyaient donc deux listes sur l'écran ainsi que les deux prototypes au-dessus de chaque liste. Il leur était demandé de copier tous les stimuli d'une catégorie trois fois puis tous ceux de l'autre catégorie. Les stimuli d'apprentissage et de transfert étaient les mêmes que dans l'expérience 5. La tâche d'encodage et le matériel étant les mêmes que dans l'expérience 5, les prédictions restaient identiques.

Les résultats répliquent ceux de l'expérience 5 malgré les changements. Les nouveaux items moins prototypiques sont mieux perçus que les nouveaux items plus prototypiques. Ceci démontre que les sujets n'abstraient pas d'information typique bien qu'ils connaissent les catégories et les prototypes.

### Expérience 7

L'expérience était identique à la précédente à l'exception de la tâche : il était demandé aux sujets de comparer chaque stimulus à son prototype en recopiant les lettres communes sur une feuille et les lettres non communes sur une autre feuille. Cette tâche devait permettre d'influencer le traitement des items lettre par lettre. Le paramètre  $r$  était donc moindre que dans les expériences précédentes.

Les résultats démontrent un très faible écart entre les performances que le modèle épisodique prédit en changeant le paramètre d'intégration des traits du stimulus. En effet, le fait de traiter les pseudomots lettre par lettre influence la façon dont les sujets traitent

les stimuli.

## Expérience 8

Cette dernière expérience était identique à l'expérience 3 à l'exception de la tâche qui était la même que dans l'expérience 7.

Les résultats indiquent de meilleures performances avec les stimuli de type la suivis des IIaA et des III. Contrairement à l'expérience 3 où l'on observait de meilleures performances pour les stimuli anciens, ce sont là les items les plus prototypiques qui sont les mieux perçus. Comme dans l'expérience 7, le changement de tâche a influencé les performances : les sujets ont traité les lettres du prototype.

D'une manière générale les résultats de cette série d'expériences confirment le rôle important des traces épisodiques. Les stimuli qui partagent le plus de lettres communes avec les stimuli d'apprentissage sont les mieux identifiés. Ce qui s'oppose aux théories prototypiques selon lesquelles les stimuli sont d'autant mieux perçus qu'ils sont proches des prototypes. Les expériences démontrent également que des variations dans les tâches ou le matériel utilisé (stimuli d'apprentissage et de transfert) influencent les performances. Le modèle explique la variabilité des résultats par des encodages différents générant des traces différentes et par une récupération de l'information correspondant spécifiquement aux conditions de l'encodage.

Notre objectif était de retrouver des résultats analogues à ceux de Whittlesea avec le même type de matériel dans des tâches de discrimination et de catégorisation perceptives.

La tâche d'identification perceptive utilisée dans le paradigme expérimental de Whittlesea tend à favoriser le traitement des dimensions perceptuelles et est généralement associée à la mémoire épisodique. Ainsi, démontrer l'influence de tous les exemplaires en mémoire dans des tâches de discrimination et de catégorisation permettrait de démontrer que toute récupération de l'information implique les mêmes formes de connaissances et les mêmes mécanismes mnésiques. Dans la perspective d'un seul système de mémoire de nature épisodique, les connaissances activées sont soit proches d'un souvenir précis, soit le résumé d'un bassin d'expériences stockées en mémoire et ce, quel que soit le type de tâche.

La spécificité d'encodage des épisodes de traitement (nature des informations, de la tâche, du contexte, etc) et la diversité des dimensions des traces codées dans un mode distribué et récupérées en parallèle doivent pouvoir expliquer les différences dans les résultats expérimentaux et nous éclairer sur la nature et l'organisation des connaissances en mémoire.

Dans cette perspective théorique, nous avons testé les variables prototypie et distance en faisant varier le type de tâche (catégorisation et discrimination, congruence ou non entre les phases d'apprentissage et les phases test) et en faisant varier le type d'item présenté (les pseudomots étaient plus ou moins prototypiques ou plus ou moins distants

les uns des autres).

Nous avons donc construit nos stimuli en déviant d'une, de deux ou de trois lettres deux pseudomots choisis arbitrairement comme prototypes. Nous avons obtenu deux catégories de trois séries d'items (I, II et III) plus au moins prototypiques selon le nombre de lettres déviées. Puis, nous avons dévié d'une, de deux ou de trois lettres des pseudomots à l'intérieur des séries même afin d'obtenir des items plus ou moins distants les uns des autres mais de même prototypie.



## D. PREMIERE SERIE D'EXPERIENCES

Une première expérience avait pour objectif de tester le matériel que nous avons construit, dans une épreuve de catégorisation perceptive. Une deuxième expérience avait pour objectif de tester nos hypothèses théoriques sur l'aspect épisodique des traces en mémoire. La première expérience manipulait trois variables indépendantes : la prototypie, la fréquence et la relation amorce-cible. La deuxième expérience manipulait deux variables indépendantes : la prototypie des items et la distance entre l'amorce et la cible.

### I. Expérience 1

L'expérience se déroulait en deux phases :

Une phase d'apprentissage dans laquelle les sujets devaient épeler puis prononcer à voix haute les pseudomots qui apparaissaient un par un sur un écran d'ordinateur. Ils initiaient l'essai suivant en cliquant sur la souris.

Une phase test dans laquelle les sujets voyaient apparaître à l'écran des couples amorce-cible. Ils devaient catégoriser mentalement l'amorce et catégoriser la cible en

appuyant sur la touche P1 ou P2 ce qui initiait l'essai suivant.

Les pseudomots étaient soit prototypiques (de type I), soit moyennement prototypiques (de type II), soit non prototypiques (de type III). Dans la phase d'apprentissage, les pseudomots présentés une seule fois étaient qualifiés d'items rares, ceux présentés quatre fois d'items fréquents. L'amorce pouvait être différente ou identique à la cible ou représentée par des croix. On enregistrait les temps de réaction de catégorisation de la cible dans la phase test, la phase d'apprentissage ayant pour fonction de familiariser les sujets avec le matériel et d'introduire la variable fréquence.

## 1. Méthode

---

### 1.1. Sujets

18 sujets, hommes et femmes ont participé à l'expérience. Ils étaient âgés de 18 à 30 ans et avaient un niveau post-baccalauréat.

### 1.2. Matériel et plan d'expérience

104 pseudomots (voir annexes 1a, 1b, 1c) appartenant à deux catégories différentes ont été créés à partir de leurs prototypes :

Les 52 pseudomots de la catégorie P1 avaient pour prototype KALIG.

Les 52 pseudomots de la catégorie P2 avaient pour prototype BUFEL.

Les catégories étaient divisées en trois séries de stimuli :

Dans la série de type I, les 16 pseudomots de chaque catégorie étaient déviés d'une lettre du prototype. Ils correspondaient aux stimuli prototypiques.

Dans la série de type II, les 18 pseudomots de chaque catégorie étaient déviés de deux lettres du prototype. Ils correspondaient aux stimuli moyennement prototypiques.

Dans la série de type III, les 18 pseudomots de chaque catégorie étaient déviés de trois lettres du prototype. Ils correspondaient aux stimuli non prototypiques.

Les 6 lettres utilisées pour créer les distorsions étaient O Y M R T P. Les distorsions étaient appliquées symétriquement aux deux prototypes.

### Exemples de déviations symétriques



	P1 KALIG	P2 BUFEL
Type I		
Déviations avec M	MALIG	MUFEL
Déviations avec O	KOLIG	BOFEL
Type II		
Déviations avec M O	MOLIG	MOFEL
Déviations avec R Y	RYLIG	RYFEL
Type III		
Déviations avec T O R	TOLIR	TOFER
Déviations avec M Y P	MYPIG	MYPEL

Le plan d'expérience était un plan à mesures répétées à trois variables indépendantes :

La variable fréquence (F) pouvait prendre deux modalités. Dans la phase d'apprentissage, les 52 pseudomots qualifiés d'items rares étaient présentés une seule fois tandis que les 52 pseudomots qualifiés d'items fréquents étaient présentés quatre fois.

La variable prototypie (P) pouvait prendre trois modalités. La phase expérimentale était composée de 108 couples amorce-cible. La cible pouvait être un pseudomot de type I, II ou III.

La variable relation amorce-cible (R) pouvait prendre trois modalités. L'amorce pouvait être représentée par des croix, différente de la cible mais de même fréquence et prototypie, ou identique à la cible.

260 essais composaient la phase d'apprentissage (52 avec les items rares et 208 avec les items fréquents) dont 130 avec des pseudomots de P1 et 130 avec des pseudomots de P2.

Les 18 sujets étaient répartis en 6 groupes de trois sujets chacun afin de contrebalancer les variables fréquence et relation. Le croisement des variables donnait 18 conditions expérimentales. L'ordre des items dans chaque condition expérimentale était aléatoire et identique pour tous les sujets.

### 1.3. Procédure

L'expérience se déroulait en deux phases sur un écran d'ordinateur macintosh. Les sujets devaient s'appuyer sur une mentonnière afin d'être tous à distance égale de l'écran (60 cm).

Dans la phase d'apprentissage, les sujets voyaient apparaître au centre de l'écran un point de fixation pendant 500 ms suivi d'un pseudomot qu'ils devaient épeler puis

prononcer à haute voix. Le pseudomot restait à l'écran jusqu'à ce que les sujets cliquent sur la souris pour initier l'essai suivant.

Cette phase avait pour but de familiariser les sujets avec le matériel et d'introduire la variable fréquence en présentant certains pseudomots 4 fois. Elle comportait 260 essais et durait environ 20 mn.

Une fois cette phase terminée, les sujets prenaient connaissance de l'existence des deux catégories dont les prototypes leur étaient présentés sur papier. Puis ils voyaient apparaître au centre de l'écran un point de fixation pendant 500 ms suivi d'un pseudomot présenté brièvement (120 ms) qu'ils catégorisaient mentalement. Ce pseudomot était suivi d'un masque de 5 ms, d'un délai de 670 ms, puis d'un autre pseudomot qu'ils devaient catégoriser en appuyant sur la touche P1 ou P2. L'essai suivant était initié 1500 ms après leur réponse.

Dans la phase d'apprentissage, les sujets avaient pour consigne d'épeler puis de prononcer à voix haute le pseudomot qui leur était présenté sur l'écran. Ils devaient traiter les stimuli le plus rapidement possible.

Dans la phase test, les sujets avaient pour consigne de catégoriser chaque pseudomot qui leur était présenté sur l'écran. Ils devaient traiter les stimuli le plus rapidement possible et avec le maximum de précision.

La procédure de la phase test commune à tous les sujets était la suivante :

/...PF..../...amorces.../...xxxx.../...délai.../...cible.../...réponse

/...500 ms.../...120 ms.../...5ms.../...670ms.../

### 1.4. Variable dépendante

Les temps de réponse des sujets étaient mesurés dans la phase test et uniquement pour la cible. Toutes les réponses erronées et les temps de réaction supérieurs à la moyenne plus trois écarts types étaient éliminés.

## 2. Hypothèses

---

Nous faisons les hypothèses suivantes :

Les pseudomots prototypiques devraient être catégorisés plus vite que les pseudomots moyennement et non prototypiques, plus de traces étant activées en mémoire.

Les pseudomots fréquents devraient être catégorisés plus vite que les pseudomots rares, plus de traces étant construites en mémoire.

Les temps de réaction devraient être inférieurs dans la condition amorces identique à la cible que dans la condition différente de la cible, le stimulus amorces ayant déjà atteint un certain niveau d'activation.

De même que les résultats trouvés généralement dans la littérature sur l'amorçage, nous faisons l'hypothèse que l'effet d'amorçage serait plus important pour les stimuli rares que pour les stimuli fréquents.

### 3. Analyse des résultats

Tableau 1. Temps moyens des bonnes réponses (en ms) par condition expérimentale sur la tâche de catégorisation de la cible avec indication entre parenthèses de l'erreur standard. Le taux d'erreur n'est pas pris en compte car il est inférieur à 10 %.

Conditions expérimentales		Relation amorce/cible					
Type	F / R	xx	Diff			Id	
I	Fréquent	605	(35)	680	(31)	611	(29)
	Rare	655	(28)	706	(40)	610	(33)
II	Fréquent	728	(39)	700	(35)	598	(22)
	Rare	768	(56)	746	(40)	663	(32)
III	Fréquent	782	(48)	788	(40)	714	(35)
	Rare	743	(43)	807	(59)	736	(37)

Les analyses de variance sur les temps moyens de bonnes réponses nous ont permis d'observer dans l'analyse globale un effet principal significatif de la variable Prototypie ( $F(2,17) = 14.232$  ;  $P < 0.01$ ). Les pseudomots de type I sont plus vite catégorisés que les pseudomots de type II (661 ms et 700 ms respectivement ;  $F(1,34) = 4.31$  ;  $P = 0.046$ ), les pseudomots de type II étant eux mêmes plus vite catégorisés que les pseudomots de type III (700 ms et 761 ms respectivement ;  $F(1,34) = 10.37$  ;  $P < 0.01$ ).

Nous observons également un effet principal significatif de la variable Relation ( $F(2,17) = 6.419$  ;  $P < 0.01$ ). Nous n'obtenons pas de différence entre les conditions diff et xx (737 ms et 730 ms respectivement ;  $F < 1$ ). Cependant, les cibles identiques à l'amorce sont plus vite catégorisées que les cibles différentes de l'amorce ( $F(1,34) = 10.51$  ;  $P < 0.01$ ) ou précédées de croix ( $F(1,34) = 8.66$  ;  $P < 0.01$ ).

Contrairement à nos prédictions, les résultats ne démontrent aucun effet de la variable fréquence. Cette absence pourrait être due au type de tâche dans la phase d'apprentissage. En effet, l'épellation et la prononciation n'ont peut être pas permis un encodage favorable à la construction de nouvelles traces en mémoire des pseudomots présentés quatre fois. De plus, la différence de tâche entre la phase de familiarisation et la phase test a certainement influencé les résultats de cette expérience en impliquant des représentations différentes des mêmes stimuli, ce qui va dans le sens des théories épisodiques.

Nous n'observons aucune interaction significative entre les variables dans l'analyse globale.

Cependant, cette expérience nous a paru concluante en ce qui concerne le matériel

que nous avons construit. Nous l'avons donc réutilisé dans une expérience d'amorçage à laquelle nous avons apporté quelques modifications. La tâche de la phase d'apprentissage était identique à celle de la phase test, c'est-à-dire une épreuve de catégorisation, notre hypothèse étant que ce type de tâche devrait favoriser la construction de catégories à l'encodage. De plus, la congruence entre les deux tâches devrait permettre de mieux observer l'influence de l'encodage sur la récupération.

Nous avons introduit une nouvelle variable distance qui correspondait à la relation entre l'amorce et la cible en termes de distance, c'est-à-dire selon le nombre de lettres différentes entre l'amorce et la cible. L'amorçage n'était plus un amorçage de répétition mais un amorçage associatif, l'amorce et la cible n'étant jamais identiques. Nous avons supprimé la variable fréquence car il nous semblait difficile d'induire des effets de fréquence avec ce type de matériel. Pour cela, il aurait fallu présenter les items fréquents un grand nombre de fois ce qui aurait induit une phase d'apprentissage très longue.

Notre objectif était cette fois de valider nos hypothèses sur la composante épisodique des traces en mémoire et de tester de façon plus précise l'impact de la prototypie et de la distance des pseudomots.

## II. Expérience 2

Dans la phase de familiarisation, les sujets devaient catégoriser les pseudomots qui leur étaient présentés à l'écran en appuyant sur la touche P1 (catégorie 1) ou sur la touche P2 (catégorie 2). L'essai suivant était initié à la suite de leur réponse.

Dans la phase test, les sujets voyaient apparaître sur l'écran des couples amorce-cible. Ils devaient tout d'abord catégoriser l'amorce en appuyant sur la touche P1 ou P2. Celle-ci leur était présentée brièvement. Puis ils devaient également catégoriser la cible en appuyant sur la touche P1 ou P2, ce qui initiait l'essai suivant.

### 1. Méthode

---

#### 1.1. Sujets

20 sujets, hommes et femmes ont participé à l'expérience. Ils étaient âgés de 18 à 30 ans et étaient tous de niveau post-baccalauréat.

#### 1.2. Matériel et plan d'expérience

Pour cette expérience, nous avons dû créer d'autres pseudomots (voir annexe 2). Chaque amorce était distante de la cible soit d'une lettre soit de trois lettres. Les amorces étaient de type I ou III, les cibles étaient toujours de type II.

Les amorces étaient toutes présentées trois fois dans la phase de familiarisation.

Nous avons également introduit des couples distracteurs dont les amorces étaient de

type II afin que les sujets ne puissent pas produire la cible à partir de l'amorce.

#### Exemples de couples amorce-cible

	P1 KALIG	P2 BUFEL
Amorces de type I		
Distantes d'une lettre	KOLIG / KOMIG	BOFEL / MOFEL
Distantes de trois lettre	KYLIG / PATIG	BYFEL / PUMEL
Amorces de type III		
Distantes d'une lettre	NOLID / NOLIG	TOFEM / BOFEM
Distantes de trois lettres	KOMID / MALID	MOFES / BUPES

Le plan d'expérience était un plan à mesures répétées à deux variables indépendantes :

La variable prototypie (P) pouvait prendre 2 modalités : les amorces étaient de type I ou III.

La variable distance entre l'amorce et la cible (D) pouvait prendre 2 modalités : les pseudomots des couples amorce-cible étaient distants d'une lettre ou de trois lettres.

Les sujets étaient répartis en 4 groupes de 4 sujets afin de contrebalancer les variables distance et prototypie. Le croisement des variables donnait 4 conditions expérimentales. L'ordre des items dans chaque condition expérimentale était aléatoire et identique pour tous les sujets.

### 1.3. Procédure

La procédure différait de celle de la première expérience sur les points suivants : dans la phase de familiarisation, les sujets prenaient connaissance au préalable de l'existence des deux catégories et de leurs prototypes. Puis, ils catégorisaient les pseudomots qui apparaissaient à l'écran en appuyant sur la touche P1 ou P2. Cette phase comportait 192 essais, chaque pseudomot étant présenté trois fois. Dans la phase test, les sujets devaient catégoriser l'amorce présentée brièvement (120 ms) en appuyant sur la touche P1 ou P2. Celle-ci était suivie d'un masque de 5 ms. Puis après un délai de 1875 ms, ils voyaient apparaître la cible qu'ils devaient également catégoriser en appuyant sur la touche P1 ou P2. L'essai suivant était initié 2500 ms après leur réponse. Cette phase comportait 64 couples amorce-cible, chaque couple étant présenté une seule fois.

Dans les deux phases, les sujets avaient pour consigne de catégoriser les pseudomots le plus rapidement possible et avec le maximum de précision.

La procédure de la phase test commune à tous les sujets était la suivante :

/.....PF...../...amorce.../...xxxx.../.....délai.../...cible.../...réponse

/...500 ms.../...120ms.../...5ms.../...1875ms..

### 1.4. Variable dépendante

De même que dans l'expérience 1, on enregistrerait les temps de réponse dans la phase test et uniquement pour la cible. Les latences étaient ensuite triées et seuls les bonnes réponses et les temps de réaction inférieurs à la moyenne plus trois écarts type étaient retenus.

## 2. Hypothèses

---

Selon la perspective théorique des modèles épisodiques, l'encodage des exemples particuliers joue un rôle primordial dans la représentation des connaissances et la performance est contrôlée par la mémoire de ces expériences spécifiques plutôt que par l'abstraction automatique des aspects typiques d'une information.

Dans ce cas, la similarité entre les stimuli encodés doit avoir un impact plus important que leur degré de prototypie dans le sens où les sujets ne se réfèrent pas de façon automatique à l'exemple le plus prototypique en mémoire mais à tous les pseudomots qu'ils ont expérimentés.

Le traitement d'une information devrait activer de multiples traces en parallèle sur différentes dimensions et, si les conditions d'encodage le permettent, entraîner la construction de nouvelles traces.

Nous pensons également que le fait d'utiliser une tâche de catégorisation dans les deux phases devrait améliorer les conditions d'encodage et de récupération par rapport à l'expérience 1 dans laquelle la phase d'apprentissage et la phase test utilisaient des tâches différentes.

## 3. Analyse des résultats

---

Seule l'analyse des bonnes réponses est détaillée ici, l'analyse des taux d'erreur n'étant pas significative (temps moyen de 12,03 %).

**Tableau 2. Temps moyens des bonnes réponses (en ms) par condition expérimentale sur la tâche de catégorisation de la cible avec indication entre parenthèses de l'erreur standard.**

Distance	Type I		Type III	
D1	677	(29)	727	(30)
D3	782	(36)	761	(23)

Les analyses de variance sur les temps moyens de bonnes réponses nous indiquent un effet principal significatif de la variable Distance ( $F(1,15) = 12.595$  ;  $P < 0.01$ ). Les cibles distantes d'une lettre de l'amorce sont plus vite catégorisées que les cibles distantes de trois lettres ( $F(1,19) = 15.99$  ;  $P < 0.01$ ). Ceci démontre que la ressemblance entre les exemples a un impact sur la performance des sujets. La distance perceptive entre les amorces et les cibles a influencé le traitement des cibles.

Nous n'observons aucun effet principal de la variable prototype. Les aspects typiques d'une information ne sont pas automatiquement conservés en mémoire. L'abstraction automatique de la prototype n'est donc pas une condition nécessaire au traitement des informations.

Cependant, les résultats nous indiquent une interaction proche du seuil de significativité entre les variables Prototype et Distance ( $F(1,19) = 6.009$  ;  $P = 0.067$ ). Nous obtenons un effet de la variable prototype uniquement quand les amorces et les cibles se ressemblent beaucoup.

Cette interaction est illustrée dans la figure 7 présentée ci dessous.

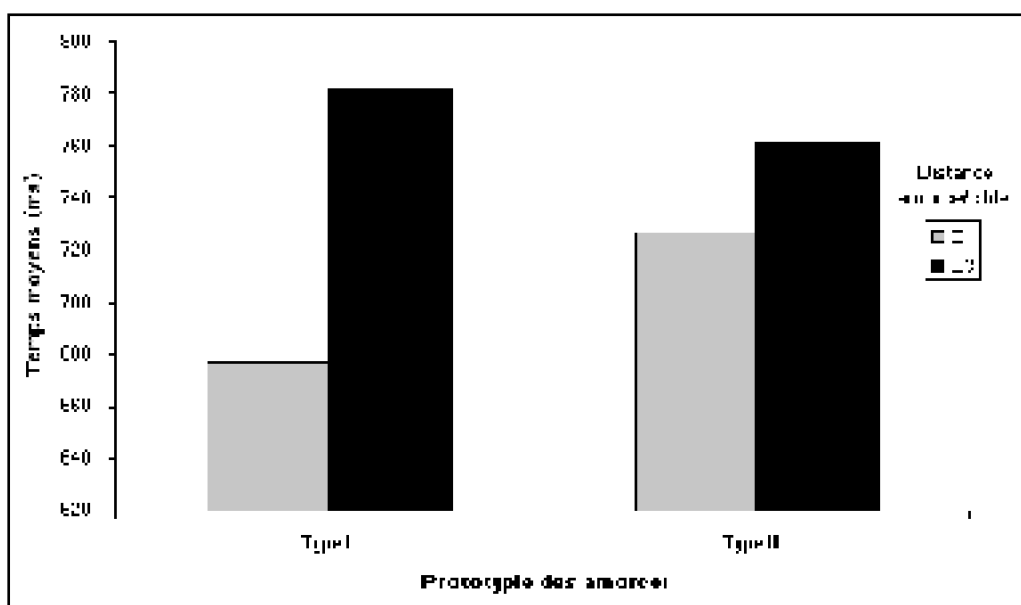


Figure 7. Temps moyens (ms) dans les différentes conditions expérimentales

Des comparaisons locales nous indiquent que la prototype est proche du seuil de significativité dans la condition D1 ( $F(1,19) = 3.75$  ;  $P = 0.068$ ) alors qu'elle n'a pas d'effet significatif dans la condition D3. Le traitement de la cible est facilité quand l'amorce est de type I et perceptivement proche d'elle, c'est-à-dire distante d'une lettre.

Nous observons un temps de réaction relativement long en D3 quand l'amorce est de type I. Cela pourrait être dû au fait que l'amorce prototypique augmente l'activation de la bonne réponse ce qui entraîne par la suite une sorte d'inhibition quand la cible est très différente de l'amorce. Quand l'amorce est de type III, les sujets seraient moins perturbés par la dissemblance entre l'amorce et la cible. L'amorce non prototypique activant peu de traces en mémoire, il n'y aurait pas de conflit entre l'effet des deux variables.

### III. Discussion de la première série d'expériences

Les résultats de l'expérience 1 nous indiquent un effet significatif des variables prototypie et relation amorce-cible. Les pseudomots des couples amorce-cible prototypiques et les cibles identiques à l'amorce sont plus vite catégorisés que les pseudomots des couples amorce-cible non prototypiques et que les cibles différentes de l'amorce. Ces résultats reflètent l'influence de ces deux variables dans le traitement de l'information. En revanche, contrairement à nos attentes, les résultats n'indiquent pas d'effet significatif de la variable fréquence. Nous pensons que la différence de tâches entre la phase d'apprentissage et la phase test a perturbé l'effet de cette variable, démontrant l'influence de la variabilité de l'encodage et de la récupération.

Cependant, notre objectif était de tester le matériel. Nous avons donc modifié notre procédure dans une seconde expérience d'amorçage dans le but cette fois de tester des hypothèses théoriques plus précises sur les propriétés des traces mnésiques et l'influence de la variabilité de l'encodage. Pour cela, la tâche était la même dans les deux phases de l'expérience, c'est-à-dire une tâche de catégorisation. Nous avons introduit une nouvelle variable en manipulant la similarité entre les pseudomots, les amorces et les cibles pouvant être distantes d'une ou de trois lettres. Notre hypothèse était que la distance et la prototypie interagiraient dans le traitement des stimuli. Nos résultats démontrent un effet significatif de la variable distance et un effet de la variable prototypie uniquement en interaction avec la distance. Les cibles prototypiques sont plus vite catégorisées que les cibles non prototypiques uniquement quand les amorces et les cibles sont distantes d'une lettre.

Il semble donc que l'encodage de chaque exemplaire a un impact plus important que l'encodage des aspects typiques d'une information dans une tâche de catégorisation perceptive et que la variabilité de l'encodage en fonction de la tâche influence les représentations en mémoire. Les sujets utilisent le traitement particulier de chaque stimulus et ne se réfèrent pas systématiquement à la prototypie de l'amorce pour catégoriser les pseudomots, ce qui prouve que l'abstraction de la connaissance générale n'est pas automatique. De plus, leurs performances dans la phase test semblent dépendre du type de tâche utilisé dans la phase d'apprentissage et du fait que les tâches des deux phases de l'expérience soient semblables ou non.



## E. DEUXIEME SERIE D'EXPERIENCES

Nous avons repris le même type de matériel dans une deuxième série d'expériences. Notre objectif était de tester les effets de prototypie et de distance en faisant varier les conditions qui pourraient permettre l'apparition de ces effets.

Dans cette série d'expériences, les tâches des phases d'apprentissage et des phases test différaient : la phase d'apprentissage était une tâche de catégorisation avec un feedback sonore afin que les sujets apprennent à catégoriser les items qui leur étaient présentés. La phase test était une tâche de discrimination perceptive comme dans le paradigme de Whittlesea.

L'expérience 3 devait permettre de mettre en évidence des effets de distance. La tâche utilisée en phase test était une tâche très perceptive (discrimination) et les prototypes n'étaient pas présentés durant la phase d'apprentissage.

L'expérience 4 avait pour objectif d'essayer de faire apparaître l'influence de la prototypie dans le même type de tâche en présentant dans la phase d'apprentissage les prototypes des deux catégories.

L'expérience 5 introduisait un léger changement dans la présentation des items en phase test. Cette nouvelle procédure avait pour objectif de minimiser la part perceptive du traitement et d'augmenter le poids des mécanismes mnésiques afin d'augmenter les effets de la prototypie .

## I. Expérience 3

Dans cette expérience, nous avons repris le même type de pseudomots déviés des prototypes KALIG et BUFEL.

La phase d'apprentissage était une tâche de catégorisation. Les sujets connaissaient l'existence des deux catégories mais ne prenaient pas connaissance des prototypes. Un feedback leur indiquait si leur réponse était juste ou fausse. Il s'agissait de deux sons différents associés à une bonne ou une mauvaise réponse.

La phase test était une tâche de discrimination perceptive. Les sujets devaient juger si deux pseudomots étaient identiques ou différents.

### 1. Méthode

---

#### 1.1. Sujets

32 sujets, hommes et femmes ont participé à cette expérience. Ils étaient âgés de 18 à 30 ans et avaient tous un niveau post-baccalauréat.

#### 1.2. Matériel et plan d'expérience

Pour cette expérience, nous avons créé 240 pseudomots (voir annexes 3a, 3b, 3c) :

48 pseudomots de type I dans les catégories P1 et P2. Ces stimuli prototypiques étaient déviés d'une lettre des prototypes.

96 pseudomots de type II dans les catégories P1 et P2. Ces stimuli moyennement prototypiques étaient déviés de deux lettres des prototypes .

96 pseudomots de type III dans les catégories P1 et P2. Ces stimuli non prototypiques étaient déviés de trois lettres des prototypes .

Les distorsions étaient appliquées symétriquement aux deux prototypes en utilisant les lettres O Y M R T P N D S.

Puis, nous avons créé pour la phase test des couples de stimuli différents.

Chaque pseudomot de type II était associé à un pseudomot de type I distant d'une lettre, un pseudomot de type I distant de trois lettres, un pseudomot de type III distant

d'une lettre et un pseudomot de type III distant de trois lettres.

Des couples de stimuli identiques étaient composés de deux mêmes pseudomots de type II. Ces couples étaient des couples distracteurs, seuls les résultats des couples différents étant exploités.

	Amorce	Cible
		Type I distant d'une lettre
<b>Condition diff</b>	Type II	Type I distant de trois lettres
		Type III distant d'une lettre
		Type III distant de trois lettres
<b>Condition id</b>	Type II	Type II

Les pseudomots étaient présentés en caractères majuscules, en blanc sur fond d'écran noir et en police geneva 24. Chaque pseudomot mesurait 2,5 cm.

Les couples étaient formés de deux pseudomots présentés l'un à côté de l'autre de part et d'autre d'un point de fixation, la distance entre leurs centres étant de 3,75 cm.

Les sujets se trouvaient à 60 cm de l'écran le visage appuyé sur une mentonnière. L'angle visuel du début du premier mot et de la fin du deuxième mot était de 6°.

Ex : MOLIGMALIG

Les variables indépendantes étaient les suivantes :

La variable prototypie (P) pouvait prendre 2 modalités : les cibles étaient déviées d'une ou de trois lettres des prototypes.

La variable distance (D) pouvait prendre 2 modalités : les pseudomots associés étaient distants d'une ou de trois lettres.

Ces variables étaient intra sujets à mesures répétées.

Dans la condition couples de pseudomots différents, un pseudomot de type II était associé à un pseudomot de type I distant d'une ou de trois lettres ou à un pseudomot de type III distant d'une lettre ou de trois lettres. Dans la condition couples de pseudomots identiques, deux mêmes pseudomots de type II étaient associés.

Les sujets étaient répartis en 8 sous groupes de 4 sujets chacun pour contrebalancer l'effet des variables. Les cibles qui étaient associées à une amorce identique pour la moitié des sujets étaient associées à une amorce différente pour l'autre moitié. De même dans la condition différente, les amorces associées à une cible de type I pour la moitié des sujets étaient associées à une cible de type III pour l'autre moitié. La distance était aussi contrebalancée : les cibles de type I et de type III associées à des amorces distantes d'une lettre dans un groupe étaient associées à des amorces distantes de trois lettres dans un autre groupe.

La phase test comportait une phase de familiarisation et une phase expérimentale. La

phase expérimentale était composée de 48 couples de pseudomots identiques et 48 couples de pseudomots différents. Les 48 couples de la condition différents étaient divisés par les 4 conditions expérimentales de cette condition, ce qui donnait 12 couples par groupe.

### 1.3. Procédure

La procédure de la phase d'apprentissage était la même que dans l'expérience précédente à l'exception de quelques modifications.

Les sujets devaient catégoriser les items en appuyant sur la touche P1 ou P2, ce qui initiait l'essai suivant. Ils prenaient connaissance de l'existence des deux catégories mais pas des prototypes. Un feedback sonore leur indiquait si leur réponse était juste ou fausse. Quelques essais préalables leur permettait d'identifier les deux sons associés à une bonne ou à une mauvaise réponse.

Les sujets voyaient apparaître sur l'écran un point de fixation de 500 ms suivi d'un pseudomot. L'essai suivant était initié 1 s après leur réponse. Le son du feedback était consécutif à la réponse à l'intérieur de ce délai d'une seconde.

Cette phase était composée de 240 essais : 48 pseudomots de type I, 96 pseudomots de type II et 96 pseudomots de type III, les deux catégories confondues.

La procédure commune à tous les sujets était la suivante :

/.....PF...../...stimulus.../...réponse.../...délai.../...essai.suivant  
/...son.../  
/..500 ms.../...../...../...1s...../

Dans la phase test, les sujets devaient juger si les deux pseudomots qui apparaissaient l'un à côté de l'autre étaient identiques ou différents, en appuyant sur la touche P1 (identiques) ou P2 (différents).

Les sujets voyaient apparaître au centre de l'écran un point de fixation de 500 ms suivi d'un couple de stimuli. L'essai suivant était initié 1500 ms après leur réponse.

La phase test était composée de 106 essais, les 10 premiers couples servant de phase de familiarisation.

Dans la phase d'apprentissage, les sujets avaient pour consigne de catégoriser les pseudomots le plus rapidement possible et avec le maximum de précision.

Dans la phase test, les sujets avaient pour consigne de répondre le plus rapidement et le plus précisément possible.

La procédure commune à tous les sujets dans la phase test était la suivante :

/.....PF...../...stimuli.../...réponse.../...délai.../...essai.suivant  
/..500 ms.../...../...../...1500ms../

### 1.4. Variable dépendante

On enregistrerait les temps de réponse de la phase test. Les analyses étaient ensuite faites

sur les latences des bonnes réponses inférieures à la moyenne plus trois écarts type calculées pour chaque sujet.

## 2. Hypothèses

Nous faisons l'hypothèse d'obtenir un effet de distance mais pas d'effet de la prototypie.

Les temps de réaction devraient être plus courts lorsque les deux pseudomots présentés durant la phase test sont distants d'une lettre que lorsqu'ils sont distants de trois lettres et ce, quel que soit leur degré de prototypie. La nature de la tâche très perceptive devrait inciter les sujets à être plus sensibles à la distance qu'à la prototypie des stimuli.

## 3. Analyse des résultats

Tableau 3. Temps moyens des bonnes réponses (en ms) par condition expérimentale sur la tâche de discrimination perceptive avec indication entre parenthèses de l'erreur standard et du taux de bonnes réponses en pourcentage.

Distance	Type I		Type III	
D1	815	(21) 72%	821	(26) 72%
D3	747	(22) 92%	728	(18) 89%

Les temps moyens de réaction calculés pour chaque sujet et chaque condition expérimentale ont été soumis à une analyse de variance. Cette analyse nous indique un effet principal significatif de la variable Distance ( $F(1,31) = 58.59$  ;  $P < 0.001$ ). Les sujets sont plus rapides lorsque les pseudomots présentés à l'écran sont distants d'une lettre que lorsqu'ils sont distants de trois lettres et ce, quel que soit leur degré de prototypie.

Nous avons répliqué cette expérience en changeant le type d'items présentés durant la phase d'apprentissage. Notre objectif était d'essayer de faire apparaître un effet de la prototypie, et plus précisément d'obtenir une interaction entre la prototypie et la distance. Pour cela, les prototypes étaient présentés durant l'apprentissage.

## II. Expérience 4

Cette expérience était la même que la précédente (avec 32 sujets différents). Seul changeait le matériel de la phase d'apprentissage. Les sujets voyaient des pseudomots de type I et III ainsi que les prototypes des deux catégories sans avoir pris connaissance qu'ils étaient les prototypes. Cette phase était composée de 120 essais : 48 pseudomots de type I des catégories P1 et P2, 48 pseudomots de type III des catégories P1 et P2 et les prototypes KALIG et BUFEL présentés 24 fois.

## 1. Hypothèses

---

Si ce type de tâche peut être sensible à la prototypie des items, alors nous devrions pouvoir obtenir un effet de la prototypie en renforçant le poids des prototypes pendant la phase d'apprentissage. Dans ce cas, nous devrions obtenir une interaction entre la prototypie et la distance.

## 2. Analyse des résultats

---

Tableau 4. Temps moyens des bonnes réponses (en ms) par condition expérimentale sur la tâche de discrimination perceptive avec indication entre parenthèses de l'erreur standard et du taux de bonnes réponses en pourcentage.

Distance	Type I		Type III	
D1	837	(23) 70%	829	(17) 69%
D3	737	(15) 89%	748	(13) 90%

Les temps moyens de réaction calculés pour chaque sujet et chaque condition expérimentale ont été soumis à une analyse de variance.

Cette analyse nous indique un effet principal significatif de la variable Distance ( $F(1,31) = 75.86$  ;  $P < 0.01$ ) mais pas d'effet de la variable prototypie ni d'interaction entre les variables prototypie et distance.

Dans la dernière expérience de cette série, nous avons répliqué l'expérience 3 en modifiant la procédure de la phase test : l'amorce et la cible n'étaient plus présentées simultanément mais successivement. Nous pensions que la performance serait plus sensible à des mécanismes mnésiques. La présentation du premier item devrait activer en mémoire les exemplaires anciens et cette activation devrait influencer le traitement du deuxième item et faire apparaître des effets de prototypie.

## III. Expérience 5

Cette expérience reprenait la même phase d'apprentissage que l'expérience 3.

La phase test différait des expériences précédentes sur un point : les deux pseudomots que les sujets devaient juger identiques ou différents n'apparaissaient pas côte à côte mais l'un après l'autre.

### 1. Méthode

---

Le plan d'expérience, le matériel et la procédure de la phase d'apprentissage étaient les

mêmes que dans l'expérience 3. Seuls changeaient le nombre de sujets (16) et la présentation des couples de pseudomots dans la phase test. Les items étaient présentés l'un après l'autre au centre de l'écran.

La procédure de la phase test était la suivante : les sujets voyaient apparaître au centre de l'écran un point de fixation de 500 ms suivi d'un pseudomot présenté à l'écran durant 300 ms. Puis un second pseudomot apparaissait à l'écran 500 ms après la disparition du premier et restait à l'écran jusqu'à la réponse. L'essai suivant était initié 1500 ms après la réponse.

La tâche consistait à juger si le second pseudomot était identique ou différent du premier en appuyant sur la touche P1 (identiques) ou P2 (différents). Ce dernier restait à l'écran jusqu'à la réponse.

Les sujets avaient pour consigne de répondre le plus rapidement et le plus précisément possible.

La procédure commune à tous les sujets dans la phase test était la suivante :

/.....PF.../.....stimuli1.../.....ISI...../.....stimuli2....../...réponse.../...délai.../...essai.suivant  
/..500ms./...300ms.../..500ms./...../...1500ms.../

## 2. Hypothèses

Nous faisons l'hypothèse d'obtenir un effet de la distance et une interaction entre la distance et la prototypie. La prototypie du premier item devrait faciliter les réponses dans la condition la plus difficile, c'est-à-dire quand les deux items se ressemblent beaucoup. Dans ce cas seulement, la prototypie a le temps d'exercer un effet. Quand les deux items sont très dissemblables, les réponses sont plus rapides et la prototypie n'a pas le temps d'agir.

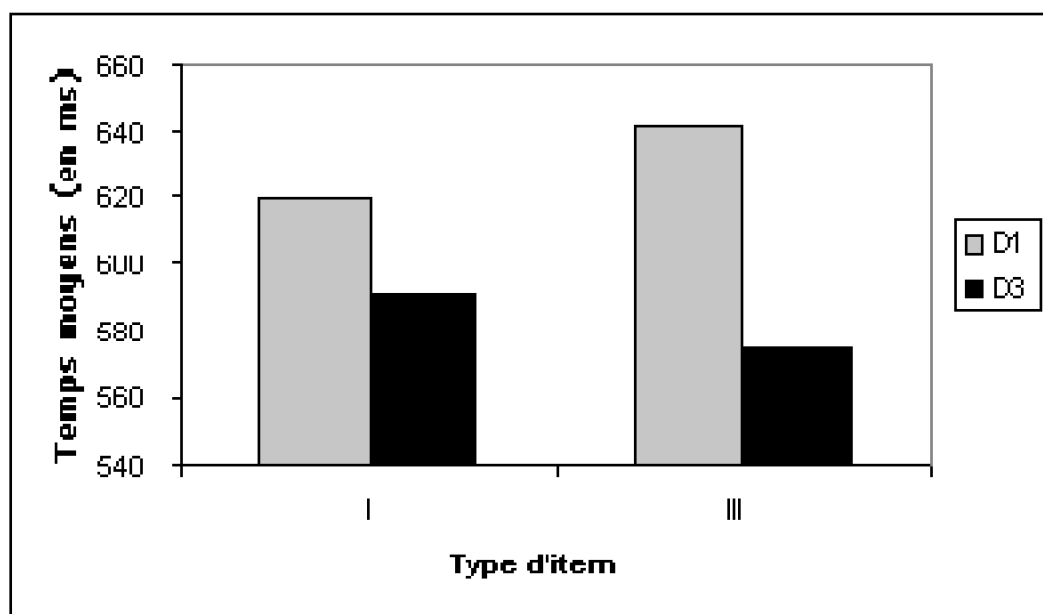
## 3. Analyse des résultats

Tableau 5. Temps moyens des bonnes réponses (en ms) par condition expérimentale sur la tâche de discrimination perceptive avec indication entre parenthèses de l'erreur standard et du taux de bonnes réponses en pourcentage.

Distance	Type I		Type III	
	D1	619	(22) 83%	642
D3	591	(25) 94%	575	(33) 95%

Les temps moyens de réaction calculés pour chaque sujet et chaque condition expérimentale ont été soumis à une analyse de variance.

Cette analyse nous indique un effet principal significatif de la variable Distance ( $F(1,15) = 17.61$  ;  $P < 0.01$ ) et une interaction Prototypie\*Distance proche du seuil de significativité ( $F(1,15) = 3.91$  ;  $P = 0.0666$ ).



**Figure 8.** Temps moyens de réponse (ms) dans les différentes conditions expérimentales.

La figure 8 semble montrer que les items prototypiques sont plus vite catégorisés que les items non prototypiques lorsque la distance est d'une lettre, ce qui n'est pas le cas lorsque la distance est de trois lettres. Cependant, les comparaisons locales montrent que les différences ne sont pas significatives.

## IV. Discussion de la deuxième série d'expériences

Dans l'expérience 3, les sujets apprenaient à catégoriser des stimuli de type I, II et III et les couples de pseudomots qu'ils devaient juger identiques ou différents pouvaient être distants d'une ou de trois lettres. Les amorces étaient toujours de type II, les cibles pouvaient être de type I, II (condition identique) ou III. Les items distants d'une lettre étaient toujours mieux traités que les items distants de trois lettres quel que soit leur degré de prototypie. La distance a donc eu un impact majeur sur les performances.

Dans l'expérience 4, l'introduction des prototypes dans la phase d'apprentissage n'a pas permis d'obtenir un effet significatif de la prototypie ni d'interaction entre la prototypie et la distance. Ces résultats démontrent que le type de tâche n'a pas permis à l'activation engendrée par les items en mémoire d'influencer les performances. Le fait de présenter les prototypes durant la phase d'apprentissage n'a pas eu d'impact sur le traitement de l'information durant la phase test.

Le changement introduit dans la tâche test de l'expérience 5 nous a permis d'observer un changement dans les résultats. En ne présentant pas les deux pseudomots en même temps mais l'un à la suite de l'autre, nous avons obtenu une interaction prototypie\*distance proche du seuil de significativité. Nous pensons que ce résultat est dû



au fait que la tâche n'était plus purement perceptive mais qu'elle faisait intervenir une dimension mnésique. Dans cette expérience, les prototypes n'étaient pas présentés durant la phase d'apprentissage. Les effets de prototypie ne peuvent donc pas provenir de l'activation des prototypes mais plutôt de l'activation de tous les exemplaires présentés à l'apprentissage.

Whittlesea a mis en évidence de tels effets qu'il a interprété en termes de similarité à tous les exemplaires et non en termes de similarité à une tendance centrale.



## F. TROISIEME SERIE D'EXPERIENCES

Nous avons manipulé le même type de matériel dans une troisième série d'expériences afin de mettre en évidence des effets de prototypie. Notre objectif était de démontrer que les effets de la prototypie ne proviennent pas de l'activation des prototypes mais de l'activation de tous les exemplaires préalablement encodés. Quatre expériences comparaient les performances des sujets selon les exemplaires présentés durant la phase d'apprentissage.

Pour cela, nous avons créé à l'intérieur des catégories I, II et III des pseudomots plus ou moins distants entre eux mais de même prototypie afin de dissocier la similarité et la prototypie des items. La phase d'apprentissage était la même que dans la série d'expériences précédente. La phase test n'était plus une tâche de discrimination perceptive mais une tâche de catégorisation : les sujets voyaient apparaître sur l'écran un ou deux pseudomots (conditions sans ou avec distracteur). La variable distracteur avait pour fonction de manipuler la difficulté de la tâche. Dans l'expérience 5, nous avons obtenu des effets de prototypie dans la condition la plus difficile (distant d'une lettre). Nous pensons donc obtenir dans cette dernière série d'expériences des effets de prototypie plus importants dans la condition avec distracteur. Dans la condition sans distracteur, les sujets devaient juger si le pseudomot présenté appartenait ou non à la catégorie P1. Dans la condition avec distracteur, ils devaient juger si au moins un des deux pseudomots appartenait à la catégorie P1.

Les distracteurs étaient de même type que la cible à laquelle ils étaient associés mais de catégorie opposée. Notre hypothèse était que la tâche de catégorisation favoriserait

l'impact des effets de la prototypie. Dans cette série d'expériences, les tâches de la phase d'apprentissage et de la phase test étaient différentes : dans la phase d'apprentissage, les sujets apprenaient à catégoriser les pseudomots qui leur étaient présentés grâce à un feedback sonore. Dans la phase test, ils devaient juger si les stimuli qui leur étaient présentés appartenaient ou non à la catégorie P1.

## I. Expérience 6

Les pseudomots de cette série d'expériences appartenaient toujours à deux catégories et étaient déviés d'une (type I), de deux (type II) ou de trois lettres (type III) des prototypes KALIG (P1) et BUFEL (P2). Cependant, à l'intérieur des catégories, les pseudomots pouvaient être de type Ia, Ib, IIa, IIb, IIc, IIIa, IIIb, IIIc (voir annexes 4a, 4b, 4c).

Les Ib étaient déviés d'une lettre des Ia tout en étant déviés d'une lettre du prototype.

Les IIb étaient déviés d'une lettre des IIa et les IIc étaient déviés d'une lettre des IIb et de deux lettres des IIa tout en étant déviés de deux lettres du prototype.

De même, les IIIb étaient déviés d'une lettre des IIIa et les IIIc étaient déviés d'une lettre des IIIb et de deux lettres des IIIa tout en étant déviés de trois lettres du prototype.

Comme dans le paradigme de Whittlesea, ces déviations nous permettaient d'avoir des stimuli plus ou moins distants les uns des autres mais de même prototypie.

L'expérience se déroulait toujours en deux phases :

La tâche de la phase d'apprentissage était identique à celle des expériences précédentes.

La phase test était une tâche de jugement catégoriel : les sujets devaient juger si les pseudomots qui leur étaient présentés appartenaient ou non à la catégorie P1.

### 1. Méthode

---

#### 1.1. Sujets

16 sujets, hommes et femmes ont participé à cette expérience. Ils étaient âgés de 18 à 30 ans et avaient tous un niveau post-baccalauréat.

#### 1.2. Matériel et plan d'expérience

Pour cette expérience, nous avons créé 320 pseudomots :

20 pseudomots de type Ia et 20 pseudomots de type Ib dans chaque catégorie. Pour cela, nous les avons déviés d'une lettre des prototypes, les Ib étant déviés d'une lettre des Ia. Ces stimuli étaient qualifiés d'items prototypiques.

20 pseudomots de type IIa, 20 pseudomots de type IIb et 20 pseudomots de type IIc dans chaque catégorie. Pour cela, nous les avons déviés de deux lettres des prototypes, les IIb étant déviés d'une lettre des IIa et les IIc étant déviés d'une lettre des deux IIb et de deux lettres des IIa. Ces stimuli étaient qualifiés d'items moyennement prototypiques.

20 pseudomots de type IIIa, 20 pseudomots de type IIIb et 20 pseudomots de type IIIc dans chaque catégorie. Pour cela, nous les avons déviés de trois lettres des prototypes, les IIIb étant déviés d'une lettre des IIIa et les IIIc étant déviés d'une lettre des deux IIIb et de deux lettres des IIIa. Ces stimuli étaient qualifiés d'items non prototypiques.

Les déviations étaient appliquées symétriquement aux deux prototypes.

Pour les déviations de type Ia et les déviations de type Ib, les lettres utilisées étaient les suivantes : O M T N S J X Y R P D V W Z.

Pour les déviations de type IIa, les couples de lettres utilisés étaient les suivants : O/M Y/R T/P O/N D/S O/V J/Y W/R O/X Z/D. Les IIb et les IIc étaient déviés en utilisant à tour de rôle toutes ces lettres.

Pour les déviations de type IIIa, les trios de lettres utilisés étaient les suivants : O/M/R O/T/P O/N/D S/V/J J/Y/R O/X/W Y/Z/N. Les IIIb et les IIIc étaient également déviés en utilisant à tour de rôle toutes ces lettres.

Puis, nous avons créé des configurations cible-distracteur pour la phase test. Pour chaque type de stimuli, 20 pseudomots étaient présentés avec un distracteur de même type mais de la catégorie opposée, les cibles pouvant être de type Ia, IIa, IIIa, IIIb ou IIIc.

Nous avons créé quatre listes d'items afin de contrebalancer la condition distracteur et la position des items dans cette condition : les items présentés avec un distracteur dans une liste étaient présentés sans distracteur dans une autre liste. Dans la condition distracteur, les items positionnés en haut dans une liste étaient positionnés en bas dans une autre liste. Dans chaque liste, les items étaient présentés dans un ordre aléatoire.

Les pseudomots étaient présentés en caractères majuscules, en blanc sur fond d'écran noir et en police geneva 24. Chaque pseudomot mesurait 2,5 cm.

Les configurations cible-distracteur étaient formées de deux pseudomots.

Ex :KOLIM

BOXEW

Les sujets se trouvaient à 60 cm de l'écran, le visage appuyé sur une mentonnière. L'angle visuel du début du premier mot et de la fin du deuxième mot était de 6°.

Les variables indépendantes étaient les suivantes :

La variable item (I) pouvait prendre cinq modalités : les stimuli étaient de type Ia, IIa, IIIa, IIIb ou IIIc.

La variable distracteur (dis) pouvait prendre deux modalités: les cibles étaient présentées seules ou accompagnées d'un distracteur.

Cette expérience comportait 10 conditions expérimentales : chaque modalité de la variable item était croisée avec les modalités de la variable distracteur.

Les sujets étaient répartis en 4 groupes de 4 sujets chacun afin de contrebalancer la variable distracteur et la position des items dans cette configuration. Les items apparaissant dans la condition sans distracteur pour la moitié des sujets apparaissaient avec distracteur pour l'autre moitié. Les items présentés en haut pour la moitié des sujets apparaissaient en bas pour l'autre moitié. Chaque groupe voyait une des quatre listes d'items.

Dans la phase d'apprentissage, les sujets voyaient sur l'écran 40 pseudomots de type IIIa (20 appartenant à la catégorie P1 et 20 appartenant à la catégorie P2). Chaque item était vu trois fois. Cette phase était donc composée de 120 essais.

Dans la phase test, les sujets voyaient apparaître sur l'écran des pseudomots de type Ia, IIa, IIIa, IIIb et IIIc : 40 pseudomots de chaque type dont 20 présentés seuls et 20 présentés avec un distracteur. Cette phase était composée de 200 essais.

### 1.3. Procédure

La procédure de la phase d'apprentissage était la même que dans l'expérience précédente. Les sujets catégorisaient les items en appuyant sur la touche P1 ou P2, ce qui initiait l'essai suivant.

Dans cette expérience, les sujets prenaient connaissance de l'existence des deux catégories mais sans connaître leurs prototypes. Un feedback représenté par un son leur indiquait si leur réponse était juste ou fausse.

Les sujets voyaient donc apparaître à l'écran un point de fixation de 500 ms suivi d'un pseudomot. L'essai suivant était initié 1 s après leur réponse. Le son du feedback était consécutif à la réponse à l'intérieur de ce délai d'une seconde.

Les sujets avaient pour consigne de catégoriser les pseudomots le plus rapidement possible et avec le maximum de précision.

La procédure commune à tous les sujets était la suivante :

/.....PF...../...stimulus.../...réponse.../...délai.../...essai. suivant

/...son.../

/...500 ms.../...../...../.....1s...../

Dans la phase test, les sujets voyaient apparaître au centre de l'écran un point de fixation de 500 ms suivi d'un ou de deux pseudomots. Leur tâche consistait à juger si le

pseudomot ou un des deux pseudomots qui apparaissaient à l'écran appartenait à la catégorie P1. Ils devaient répondre oui en appuyant sur la touche P1 ou non en appuyant sur la touche P2. L'essai suivant était initié 1500 ms après leur réponse. Dans les deux phases, les sujets avaient pour consigne de répondre le plus précisément et le plus rapidement possible.

La procédure commune à tous les sujets était la suivante :

/.....PF...../..stimulus../...réponse../....délai...../..essai.suivant  
/...500ms.../...../...../..1500ms.../

### 1.4. Variable dépendante

On enregistrait les temps de réponse de la phase test en ne retenant que les réponses oui et non correctes et en supprimant les latences inférieures à la moyenne plus trois écarts type pour chaque sujet.

## 2. Hypothèses

Nous faisons l'hypothèse d'obtenir un effet de prototypie et un effet de distance : les items de type I devraient être mieux catégorisés que les items de type II eux-mêmes mieux catégorisés que les items de type III et les items de type IIIa devraient être mieux catégorisés que tous les autres, ayant déjà été traités dans la phase d'apprentissage. Nous faisons également l'hypothèse d'obtenir des effets de prototypie plus importants dans la condition la plus difficile, c'est-à-dire avec un distracteur.

## 3. Analyse des résultats

Tableau 6. Temps moyen de réaction (en ms) par condition expérimentale sur la tâche de catégorisation des pseudomots avec indication de l'erreur standard pour chaque moyenne et le taux de bonnes réponses (en pourcentages) pour les réponses oui.

Type d'item	Distracteurs			
	Abs		Pré	
Ia	729	(43) 84%	852	(55) 71%
IIa	789	(48) 81%	882	(55) 73%
IIIa	716	(44) 76%	854	(60) 63%
IIIb	723	(35) 74%	876	(53) 64%
IIIc	780	(50) 73%	912	(63) 61%

Cette analyse nous indique un effet principal significatif de la variable Distracteur ( $F(1,15) = 14.05$  ;  $P < 0.01$ ) et un effet de la variable Item ( $F(4,60) = 2.70$  ;  $P = 0.0386$ ). Les latences sont plus courtes dans la condition sans distracteur (743ms) qu'avec distracteur (875 ms).

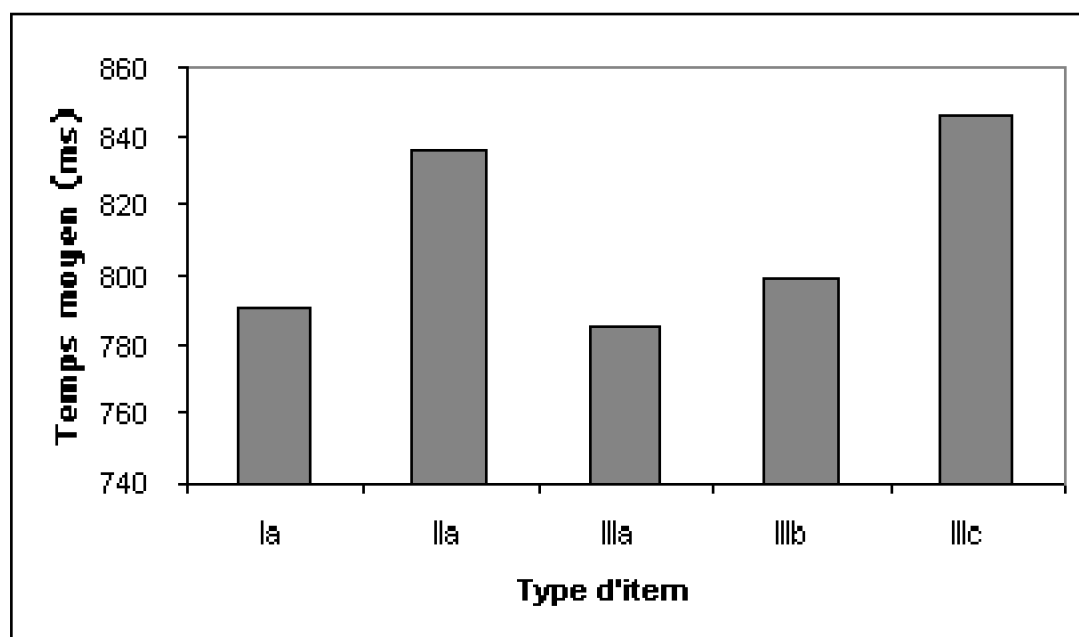


Figure 9. Temps moyens (en ms) selon le type d'item

La figure 9 nous indique des effets de Distance : les latences augmentent des items IIIa aux items IIIb et des items IIIb aux items IIIc, bien que les différences ne soient significatives qu'entre les IIIa et les IIIc ( $F(1,60) = 6.61$  ;  $P < 0.01$ ) et proches du seuil de significativité entre les IIIb et les IIIc ( $F(1,60) = 3.82$  ;  $P = 0.088$ ).

Nous observons également des effets de Prototypie proches du seuil de significativité : les items de type Ia sont plus vite catégorisés que les items de type IIa ( $F(1,60) = 3.59$  ;  $P = 0.06$ ).

Contrairement à nos attentes, nous n'obtenons pas d'interaction entre les variables distracteur et type d'item.

Tableau 7. Temps moyen de réaction (en ms) par condition expérimentale sur la tâche de catégorisation des pseudomots avec indication de l'erreur standard pour chaque moyenne et le taux de bonnes réponses (en pourcentages) pour les réponses non.

Type d'item	Distracteurs			
	Abs		Pré	
Ia	743	(58) 80%	844	(60) 72%
IIa	754	(50) 66%	877	(60) 51%
IIIa	729	(48) 69%	808	(44) 70%
IIIb	801	(37) 63%	844	(44) 66%
IIIc	830	(60) 67%	902	(60) 67%

Cette analyse nous indique un effet principal significatif de la variable Distracteur ( $F(1,15) = 21.54$  ;  $P < 0.01$ ) et un effet de la variable Item proche du seuil de significativité ( $F(4,60) = 2.14$  ;  $P = 0.0870$ ). Les latences sont plus courtes dans la condition sans distracteur (771 ms) qu'avec distracteur (855 ms).



La figure 10 nous indique que les résultats des réponses non vont globalement dans le même sens que les résultats des réponses oui.

Nous constatons que les différences entre les conditions expérimentales sont plus atténuées. La seule différence significative observée concerne les items de type IIIa et les items de type IIIc ( $F(1,60) = 7.73$  ;  $P < 0.01$ ).

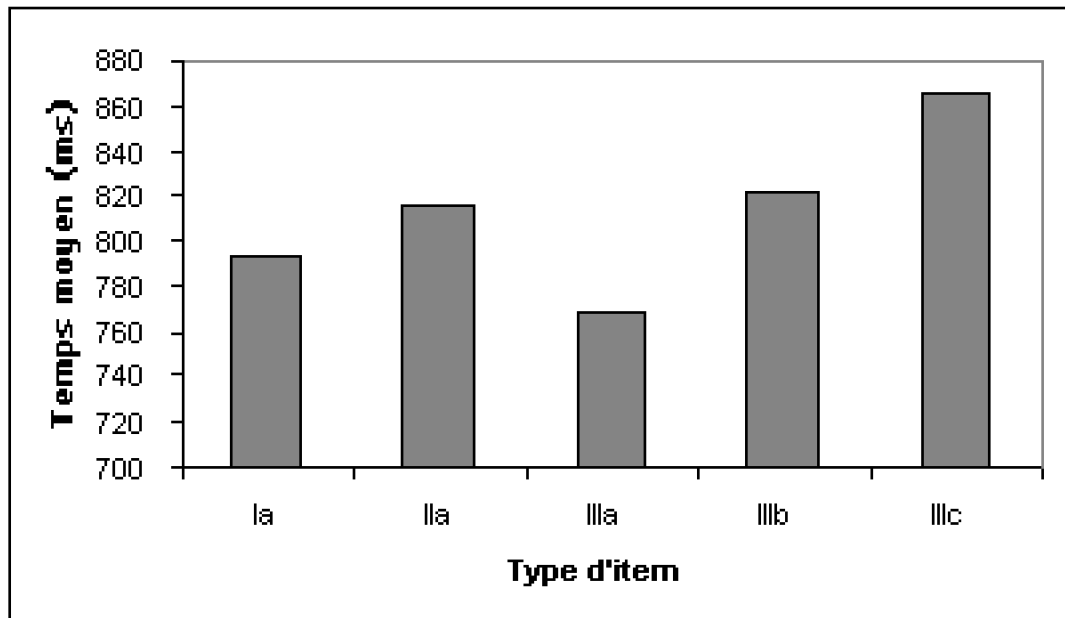


Figure 10. Temps moyens (en ms) selon le type d'item

Les résultats de l'expérience 6 démontrent que la tâche de catégorisation utilisée est sensible à la fois à la distance des stimuli qui ont servi à l'apprentissage des catégories mais également à la prototypie des items. Dans la perspective des modèles épisodiques, les effets de prototypie proviennent de l'activation des exemplaires encodés et non pas de la réactivation d'un prototype.

C'est ce que nous voulions démontrer dans l'expérience suivante en modifiant les items d'apprentissage de manière à modifier les effets de prototypie. Pour cela, nous avons augmenté la dispersion des items d'apprentissage en présentant des items de type IIIa, IIIb et IIIc et non pas uniquement des items de type IIIa.

Whittlesea (1987) a démontré dans une tâche d'identification perceptive que l'augmentation de la dispersion des items d'apprentissage augmente les effets de prototypie. Notre objectif était de retrouver des résultats analogues à ceux de Whittlesea mais dans une tâche de catégorisation.

## II. Expérience 7

Cette expérience était la même que la précédente, à l'exception d'un changement concernant les items. Les pseudomots présentés durant la phase d'apprentissage étaient

de type IIIa, IIIb et IIIc.

## 1. Hypothèses

Comme précédemment, les temps de réaction devraient être plus courts dans la condition sans distracteur qu'avec distracteur.

Nous pensions obtenir un effet de la prototypie du fait que les sujets avaient vu des pseudomots de type IIIa, IIIb et IIIc durant la phase d'apprentissage. Cette dispersion des items d'apprentissage devait annuler l'effet obtenu dans l'expérience précédente (les pseudomots déjà vus étaient les mieux perçus) et permettre un effet global de la prototypie. Whittlesea (1987) a obtenu ces résultats dans l'expérience 4 de son paradigme expérimental. Il a présenté des items de type IIa, IIb et IIc à l'apprentissage et des items de type Ia, IIa et III dans la phase test. Il a obtenu un effet de la prototypie : les items les mieux traités étaient les Ia suivis des IIa suivis des III. Whittlesea explique ces résultats par le fait que les Ia et les III étaient également distants d'une lettre des items d'apprentissage alors que les IIa pouvaient être distants des items d'apprentissage de zéro, d'une ou de deux lettres. Il interprète l'effet de prototypie en termes de similarité à tous les exemplaires. Dans notre expérience, chaque item d'apprentissage (IIIa, IIIb et IIIc) pouvait être également distant des items de type III de zéro, une ou deux lettres, ce qui devait diminuer l'effet de distance et favoriser l'effet de la prototypie.

## 2. Analyse des résultats

Tableau 8. Temps moyen de réaction (en ms) par condition expérimentale sur la tâche de catégorisation des pseudomots avec indication de l'erreur standard pour chaque moyenne et le taux de bonnes réponses (en pourcentages) pour les réponses oui.

Type d'item	Distracteurs			
	Abs		Pré	
Ia	677	(37) 98%	808	(50) 93%
IIa	757	(42) 90%	917	(61) 91%
IIIa	856	(66) 81%	1022	(61) 75%
IIIb	861	(61) 83%	1009	(53) 74%
IIIc	863	(60) 84%	1020	(74) 79%

Cette analyse nous indique des effets principaux significatifs des variables Distracteur ( $F(1,15) = 82.06$  ;  $P < 0.01$ ) et Item ( $F(4,60) = 29.03$  ;  $P < 0.01$ ). Les latences sont plus courtes dans la condition sans distracteur (803 ms) qu'avec distracteur (955 ms).



Figure 11. Temps moyens (en ms) selon le type d'item

Le figure 11 nous indique que les temps de réaction pour les réponses oui sont plus courts pour les items de type Ia que pour les items de type IIa ( $F(1,60) = 16.79$  ;  $P < 0.01$ ) et plus courts pour les items de type IIa que pour les items de type IIIa ( $F(1,60) = 19.47$  ;  $P < 0.01$ ).

Les items les plus prototypiques sont les mieux traités suivis des items moyennement prototypiques et des items non prototypiques.

En revanche, les items de type IIIa vus durant la phase d'apprentissage ne sont pas mieux traités que les items nouveaux de type Ia et IIa.

En accord avec nos hypothèses, la dispersion des items d'apprentissage a annulé les effets de distance et favorisé les effets de prototypie.

Tableau 9. Temps moyen de réaction (en ms) par condition expérimentale sur la tâche de catégorisation des pseudomots avec indication de l'erreur standard pour chaque moyenne et le taux de bonnes réponses (en pourcentages) pour les réponses non.

Type d'item	Distracteurs			
	Abs		Pré	
Ia	756	(35) 99%	1083	(81) 94%
IIa	839	(42) 88%	1073	(63) 80%
IIIa	812	(37) 90%	1000	(57) 72%
IIIb	920	(50) 87%	1093	(73) 74%
IIIc	891	(45) 83%	1102	(57) 72%

Cette analyse nous indique des effets principaux significatifs des variables Distracteur ( $F(1,15) = 36.32$  ;  $P < 0.01$ ) et Item ( $F(4,60) = 6.83$  ;  $P < 0.01$ ). Les latences sont plus

courtes dans la condition sans distracteur (844 ms) qu'avec distracteur (1070 ms).

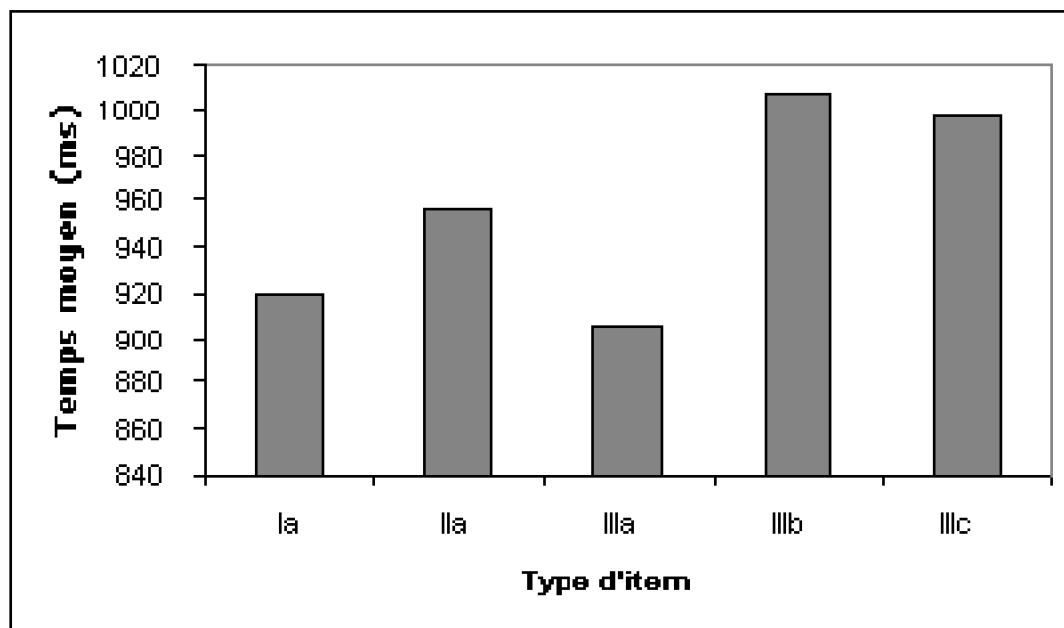


Figure 12. Temps moyens (en ms) selon le type d'item

La figure 12 nous indique des résultats sensiblement identiques à ceux des réponses oui, à l'exception des items de type IIIa. Les réponses non restent sensibles aux effets de distance par rapport aux exemplaires encodés durant l'apprentissage. Nous observons cette différence entre les réponses oui et non : l'effet de distance disparaît pour les réponses oui et reste présent pour les réponses non alors que l'effet de prototypie reste présent pour les deux types de réponses.

Les résultats de cette expérience confirment le fait que la dispersion des items d'apprentissage favorise l'effet de la prototypie. Il semblerait que lorsque les sujets voient différents types d'exemplaires, ils ont tendance à utiliser l'information prototypique que nous interprétons en termes de tendance centrale vis à vis de tous les exemplaires.

Cependant dans les deux expériences précédentes, les sujets ne connaissaient pas les prototypes de chaque catégorie. Nous avons donc répliqué l'expérience en modifiant la procédure de la phase d'apprentissage : les sujets prenaient connaissance des deux prototypes (KALIG et BUFEL) et de la façon dont les items avaient été construits. Notre objectif était d'augmenter les effets de prototypie non pas en manipulant la dispersion des items mais en présentant les prototypes durant la phase d'apprentissage : ces derniers restaient affichés à l'écran pendant que les items à catégoriser apparaissaient. Cette procédure similaire à celle des expériences 6, 7 et 8 de Whittlesea (1987) était supposée augmenter le poids du traitement des lettres communes aux exemplaires et aux prototypes, donc d'augmenter les effets de la prototypie.

### III. Expérience 8

## 1. Méthode

Les items d'apprentissage étaient de type IIIa et les sujets devaient les catégoriser comme dans l'expérience 6 en appuyant sur la touche P1 ou P2. Un son leur indiquait si leur réponse était juste ou fausse.

Cependant chaque pseudomot était présenté au dessus des deux prototypes afin que le sujet puisse le comparer aux prototypes avant de le catégoriser. Les sujets savaient que tous les pseudomots avaient été construits à partir de KALIG (P1) et BUFEL (P2).

Ex : **MOLIG**

**KALIGBUFEL**

## 2. Hypothèses

Nous faisons l'hypothèse que les changements introduits dans cette expérience favoriseraient l'effet de la prototypie. Dans les trois dernières expériences du paradigme de Whittlesea, les sujets prenaient connaissance des prototypes. Selon la nature des items, les résultats démontrent des effets conjugués de la distance et de la prototypie. Dans les expériences 6 et 7, les items d'apprentissage étaient de type IIa et les items test de type IIa, IIc et III. Les résultats ont démontré de meilleures performances pour les items de type IIa déjà vus suivis des IIc puis des III. Dans l'expérience 8, les items d'apprentissage étaient toujours de type IIa mais les items test étaient de type Ia, IIa et III. Les résultats ont démontré de meilleures performances pour les items de type Ia très prototypiques suivis des IIa vus à l'apprentissage mais moins prototypiques suivis des III non prototypiques.

Nous pensons obtenir dans cette expérience des résultats proches de ceux de Whittlesea et similaires à ceux de notre expérience précédente.

## 3. Analyse des résultats

Tableau 10. Temps moyen de réaction (en ms) par condition expérimentale sur la tâche de catégorisation des pseudomots avec indication de l'erreur standard pour chaque moyenne et le taux de bonnes réponses (en pourcentages) pour les réponses oui.

Type d'item	Distracteurs			
	Abs		Pré	
Ia	615	(17) 99%	721	(28) 98%
IIa	691	(29) 97%	840	(40) 91%
IIIa	743	(34) 86%	929	(47) 75%
IIIb	806	(41) 84%	948	(46) 74%
IIIc	762	(43) 87%	916	(56) 79%

Cette analyse nous indique des effets principaux significatifs des variables Distracteur ( $F(1,15) = 92.90$  ;  $P < 0.01$ ) et Item ( $F(4,60) = 14.11$  ;  $P < 0.01$ ). Les latences sont plus courtes dans la condition sans distracteur (724 ms) qu'avec distracteur (871 ms).

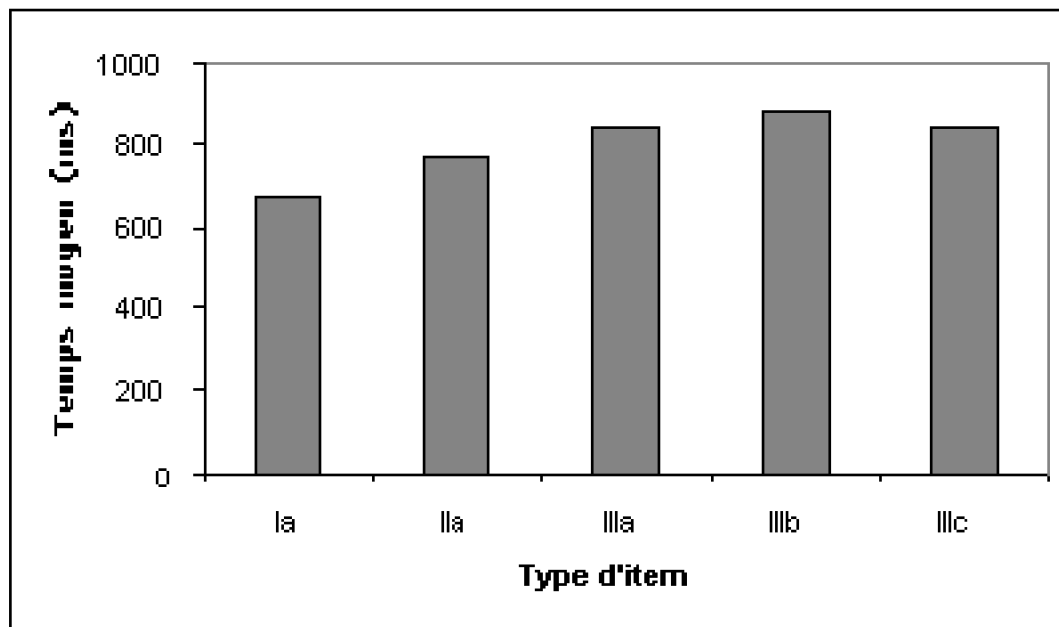


Figure 13. Temps moyens (en ms) selon le type d'item

La figure 13 nous indique que les temps de réaction des réponses oui sont plus courts pour les items de type Ia que pour les items Ila ( $F(1,60) = 9.91$  ;  $P < 0.01$ ) et plus courts pour les items de type Ila que pour les items de type IIIa ( $F(1,60) = 5.09$  ;  $P < 0.01$ ).

Nous ne constatons aucune différence entre les items de type IIIa, IIIb et IIIc, c'est-à-dire entre ceux qui ont été vus durant la phase d'apprentissage (IIIa) et ceux qui n'ont pas été vus (IIIb et IIIc).

Tableau 11. Temps moyen de réaction (en ms) par condition expérimentale sur la tâche de catégorisation des pseudomots avec indication de l'erreur standard pour chaque moyenne et le taux de bonnes réponses (en pourcentages) pour les réponses non.

Type d'item	Distracteurs			
	Abs		Pré	
Ia	711	(27) 96%	916	(57) 94%
Ila	772	(34) 96%	990	(63) 88%
IIIa	739	(33) 94%	966	(53) 83%
IIIb	818	(42) 91%	1001	(42) 92%
IIIc	967	(41) 92%	967	(64) 81%

Cette analyse nous indique des effets principaux significatifs des variables Distracteur ( $F(1,15) = 57.26$  ;  $P < 0.01$ ) et Item ( $F(4,60) = 4.79$  ;  $P < 0.01$ ). Les latences sont plus courtes dans la condition sans distracteur (771ms) qu'avec distracteur (968 ms).

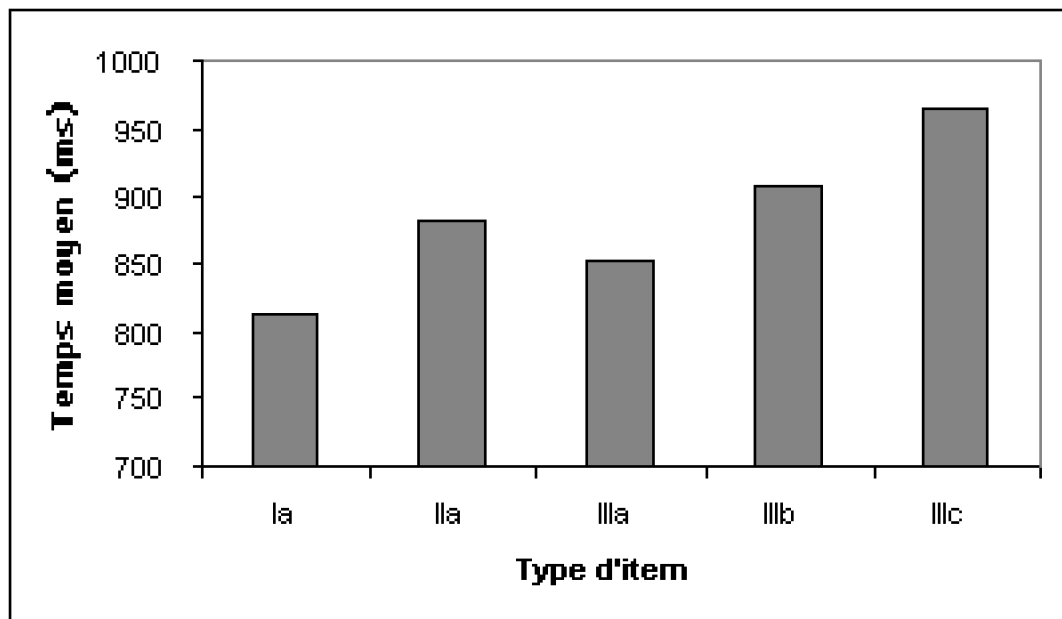


Figure 14. Temps moyens (en ms) selon le type d'item

De même que dans l'expérience 7, les effets de distance restent présents pour les réponses non : les items de type IIIa sont mieux catégorisés que les items de type IIIb ( $F(1,60) = 1.56$  ;  $P < 0.01$ ).

Les résultats de cette expérience sont conformes à nos hypothèses et répliquent ceux de Whittlesea en ce qui concerne les réponses oui. Les résultats des réponses non conjuguent des effets de prototypie et de distance comme dans l'expérience précédente.

Dans l'expérience 6, nous avons obtenu des effets de prototypie et de distance. Dans les expériences 7 et 8, nous avons influencé les effets de prototypie de deux manières différentes : en augmentant la dispersion des items et en augmentant le poids des prototypes durant l'apprentissage.

Dans notre dernière expérience, nous avons manipulé la distance et la prototypie indépendamment. La phase d'apprentissage était la même que celle de l'expérience 6 : les items présentés étaient de type IIIa. Dans la phase test, les sujets traitaient des items plus ou moins prototypiques (de type I ou II) et plus ou moins distants les uns des autres (distants d'une, de deux ou de trois lettres). Dans cette expérience, les deux variables étaient croisées, l'objectif étant de mettre en évidence une interaction entre la distance et la prototypie.

## IV. Expérience 9

La phase d'apprentissage de l'expérience 9 était la même que celle de l'expérience 6 : les sujets voyaient des pseudomots de type IIIa qu'ils devaient catégoriser en appuyant sur la

touche P1 ou P2. Un feedback sonore leur indiquait si leur réponse était juste ou fausse. Ils ne connaissaient pas les prototypes. Dans la phase test, les pseudomots n'étaient plus de type Ia, IIa, IIIa, IIIb et IIIc : les sujets traitaient des items plus ou moins prototypiques et plus ou moins distants des items de type IIIa vus à l'apprentissage ainsi que des items de type IIIa.

## 1. Méthode

La méthode était la même que celle de l'expérience 6. Seul changeait le matériel de la phase test. Pour cela, nous avons associé à chaque pseudomot de type IIIa un pseudo de type I distant d'une lettre, un pseudomot de type I distant de deux lettres, un pseudomot de type II distant d'une lettre et un pseudomot de type II distant de trois lettres.

Amorce	Cible
	Type I distant d'une lettre
Type IIIa	Type I distant de deux lettres
	Type II distant d'une lettre
	Type II distant de trois lettres

## 2. Hypothèses

Nous faisons l'hypothèse d'une interaction entre la variable prototypie et la variable distance. La prototypie devrait faciliter la catégorisation des pseudomots et ce, particulièrement lorsque les items présentés durant la phase test sont distants des items d'apprentissage.

## 3. Analyse des résultats

Tableau 12. Temps moyen de réaction (en ms) par condition expérimentale sur la tâche de catégorisation des pseudomots avec indication de l'erreur standard pour chaque moyenne et le taux de bonnes réponses (en pourcentages) pour les réponses oui.

Type d'item	Distracteurs			
	Abs		Pré	
I / D1	585	(23) 93%	660	(30) 90%
I / D2	566	(26) 94%	661	(36) 94%
II / D1	581	(19) 84%	650	(23) 81%
II / D3	655	(40) 88%	720	(29) 84%
IIIa	657	(29) 85%	750	(30) 86%

Cette analyse nous indique des effets principaux significatifs des variables Distracteur ( $F(1,15) = 92.90$  ;  $P < 0.01$ ) et Item ( $F(4,60) = 14.11$  ;  $P < 0.01$ ). Les latences sont plus



courtes dans la condition sans distracteur (609 ms) qu'avec distracteur (688 ms).

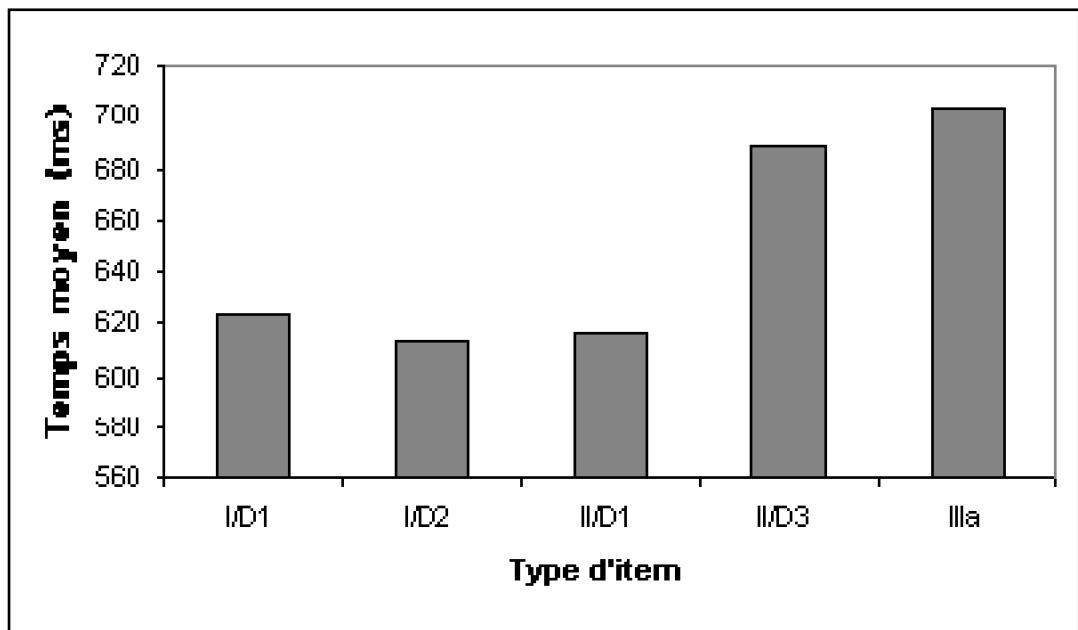


Figure 15. Temps moyens (en ms) selon le type d'item

La figure 15 confirme notre hypothèse. Quand les items à traiter sont proches des items d'apprentissage, la prototypie n'a pas d'effet. En revanche, quand les items à traiter sont distants des items d'apprentissage, les items prototypiques sont plus vite catégorisés que les items non prototypiques.

Afin de vérifier statistiquement cette interaction, une autre analyse a été faite en excluant les items de type IIIa. Nous constatons une interaction Prototypie\*Distance significative ( $F(1,15) = 24.99$  ;  $P < 0.01$ ) expliquée par une différence significative entre les items prototypiques et les items non prototypiques uniquement lorsqu'ils sont distants des items d'apprentissage ( $F(1,15) = 42.74$  ;  $P < 0.01$ ).

Tableau 13. Temps moyen de réaction (en ms) par condition expérimentale sur la tâche de catégorisation des pseudomot avec indication de l'erreur standard pour chaque moyenne et le taux de bonnes réponses (en pourcentages) pour les réponses non.

Type d'item	Distracteurs			
	Abs		Pré	
I / D1	596	(23) 93%	713	(30) 90%
I / D2	614	(32) 97%	757	(34) 91%
II / D1	605	(20) 95%	768	(53) 87%
II / D3	659	(31) 87%	750	(33) 86%
IIIa	644	(23) 92%	725	(32) 90%

Cette analyse nous indique un effet principal significatif de la variable Distracteur ( $F(1,15) = 40.37$  ;  $P < 0.01$ ) et un effet de la variable Item proche du seuil de significativité

( $F(4,60) = 2.095$  ;  $P = 0.09$ ). Les latences sont plus courtes dans la condition sans distracteur (623 ms) qu'avec distracteur (743 ms).

Pour les réponses non, aucune différence entre les différents types d'items ne s'est révélée significative.

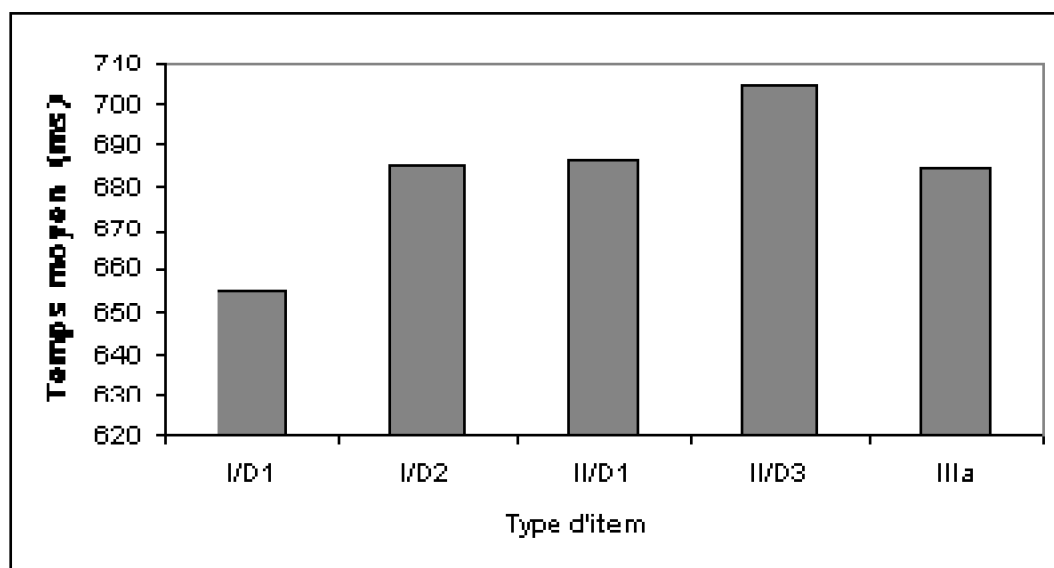


Figure 16. Temps moyens (en ms) selon le type d'item

La figure 16 nous indique qu'effectivement, les réponses non sont moins sensibles aux effets de prototypie et de distance observés pour les réponses oui.

## V. Discussion de la troisième série d'expériences

Cette troisième série d'expériences nous a permis d'obtenir des effets de prototypie et des effets de distance selon le type d'items présentés dans les phases d'apprentissage et test. De même que whittlesea, nous avons construit d'autres pseudomots pour cette série d'expériences afin de dissocier la distance et la prototypie. Les items pouvaient être de même prototypie mais plus ou moins distants. Contrairement aux expériences précédentes, les sujets catégorisaient les stimuli dans les deux phases, ce qui semble avoir favorisé les effets de prototypie.

Dans l'expérience 6, les items d'apprentissage étaient de type IIIa et les items test de type Ia, IIa, IIIa, IIIb et IIIc. Les résultats ont confirmé des effets de distance, les IIIa étant mieux traités que les IIIb eux mêmes mieux traités que les IIIc. Ils ont également confirmé des effets de prototypie, les items de type Ia étant mieux traités que les items de type IIa eux mêmes mieux traités que les items de type IIIb et IIIc.

Dans l'expérience 7, nous avons augmenté la dispersion des items d'apprentissage en présentant aux sujets des pseudomots de type IIIa, IIIb et IIIc. Les résultats indiquent

un effet de la prototypie pour les réponses oui et des effets conjugués de prototypie et de distance pour les réponses non. Pour les réponses oui, les items de type Ia étaient mieux traités que les items de type IIa suivis des items de type III. Pour les réponses non, les items de type Ia et IIIa étaient mieux traités que les items de type IIa suivis des items de type IIIb et IIIc. Cette différence peut s'expliquer par le fait que les sujets devaient juger si les pseudomots présentés appartenaient ou non à la catégorie P1. La réponse oui était donc directement associée à une catégorie qu'ils avaient appris à discriminer durant l'apprentissage.

Dans l'expérience 8, les sujets catégorisaient des items de type IIIa à l'apprentissage comme dans l'expérience 6. Cependant, les deux prototypes étaient présentés sur l'écran durant toute la phase. Conformément à nos hypothèses, nous avons obtenu les mêmes résultats que dans l'expérience 7, c'est-à-dire des effets de prototypie pour les réponses oui et des effets conjugués de prototypie et de distance pour les réponses non. Le fait de n'avoir pas augmenté la dispersion des items d'apprentissage comme dans l'expérience 7 a été compensé par le fait de présenter les prototypes durant la phase test.

Dans l'expérience 9, nous avons manipulé la distance afin d'obtenir des pseudomots plus ou moins prototypiques et distants des items de type IIIa vus à l'apprentissage. Notre objectif était de dissocier les effets de prototypie et de distance afin de démontrer que les effets de prototypie sont issus de la réactivation des exemplaires traités durant l'apprentissage. Les résultats indiquaient une interaction significative entre la prototypie et la distance pour les réponses oui. Les items prototypiques étaient mieux traités que les items non prototypiques lorsqu'ils étaient distants des items d'apprentissage, ce qui allait dans le sens de nos hypothèses. Pour les réponses non, la différence entre les items de type I/D2 (prototypiques et distants de deux lettres des items d'apprentissage) et les items de type II/D3 (non prototypiques et distants de trois lettres des items d'apprentissage) s'annulait, ce qui pourrait être dû au fait que les réponses non étaient moins sensibles à la différence entre la condition distant de deux lettres et distant de trois lettres.



## G. DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSION

Conformément à nos hypothèses sur la variabilité de l'encodage, les résultats des trois séries d'expériences nous indiquent des performances différentes selon le type de tâche utilisé dans les phases d'apprentissage et test et le type de stimulus présenté aux sujets.

Les deux expériences de la première série étaient des expériences d'amorçage qui s'inscrivaient dans la continuité de nos travaux de DEA. Il s'agissait, en particulier dans l'expérience 1, de tester notre matériel. Celui-ci était constitué de pseudomots que nous avons construits à partir des prototypes KALIG et BUFEL. En déviant d'une, de deux ou de trois lettres des prototypes, nous avons obtenu des stimuli pouvant être prototypiques, moyennement prototypiques et non prototypiques.

L'expérience 1 manipulait les variables prototypie, fréquence et relation amorce-cible. Dans une phase d'apprentissage, les sujets devaient épeler puis prononcer à voix haute les pseudomots qui leur étaient présentés. Dans la phase test, ils devaient catégoriser les pseudomots dans la catégorie P1 (KALIG) ou P2 (BUFEL). Ils avaient pris connaissance au préalable de l'existence des deux catégories et de leurs prototypes. Les résultats indiquaient un effet de la prototypie ainsi que de la relation amorce-cible. Les pseudomots des couples amorce-cible prototypiques étaient mieux traités que les pseudomots des couples amorce-cible non prototypiques et les cibles identiques à l'amorce étaient mieux traitées que les cibles différentes de l'amorce. En revanche, aucun résultat significatif n'était observé pour la variable fréquence. Nous pensons que ceci était dû d'une part, à la

différence de tâche entre les deux phases et d'autre part, au fait qu'il aurait fallu présenter les items fréquents un plus grand nombre de fois afin que les sujets les encodent comme étant fréquents. Cette contrainte aurait rendu la phase d'apprentissage beaucoup trop longue, aussi nous n'avons plus manipulé la fréquence dans les expériences suivantes. Notre objectif était de tester la prototypie et la similarité perceptive des items afin d'argumenter en faveur d'une conception épisodique et distribuée de la mémoire.

L'expérience 2 manipulait la prototypie et la distance des stimuli dans une tâche de catégorisation perceptive. Les sujets catégorisaient les pseudomots qui leur étaient présentés dans les deux phases de l'expérience. Comme dans l'expérience 1, ils connaissaient l'existence des deux catégories et leurs prototypes. Afin de manipuler la distance, nous avons construits d'autres pseudomots, les amorces à partir des cibles. Chaque amorce pouvait être de type I ou III et distante de la cible d'une ou de trois lettres. Les résultats indiquaient un effet significatif de la variable distance et un effet de la prototypie uniquement en interaction avec la distance. Les cibles prototypiques étaient mieux traitées que les cibles non prototypiques uniquement quand les amorces et les cibles étaient distantes d'une lettre. Contrairement aux hypothèses des modèles prototypiques, il semble donc que les sujets ne se référaient pas de façon automatique à la prototypie de l'amorce pour traiter les cibles, bien qu'ils aient pris connaissance des prototypes et de la façon dont les pseudomots avaient été construits. Par contre, ils utilisaient le traitement particulier de chaque stimulus et l'impact de la prototypie dépendait de la distance perceptive entre l'amorce et la cible, ce qui va dans le sens des modèles épisodiques.

Dans la deuxième série d'expériences, les sujets ne connaissaient pas les prototypes et aucune information ne leur était donnée sur la nature des stimuli. Les tâches des phases d'apprentissage et test différaient. Dans la phase d'apprentissage, les sujets catégorisaient les stimuli comme dans l'expérience précédente. Un petit changement était introduit dans la procédure : un feedback sonore leur indiquait si leur réponse était juste ou fautive, ceci afin de permettre l'apprentissage des catégories. La phase test était une tâche de discrimination perceptive : les sujets devaient juger si les deux pseudomots qui leur étaient présentés étaient identiques ou différents. Notre objectif était de tester les effets de distance et de prototypie dans une tâche de discrimination en faisant varier les conditions qui pourraient influencer leur apparition. Pour cela, nous avons manipulé le type d'item d'apprentissage et la procédure de la phase test.

Dans l'expérience 3, les sujets catégorisaient des items de type I, II ou III dans la phase d'apprentissage et les items qu'ils traitaient dans la phase test étaient distants d'une ou de trois lettres. Les résultats indiquaient un effet de la distance mais pas d'effet de la prototypie. Les items distants d'une lettre étaient mieux discriminés que les items distants de trois lettres, quel que soit leur degré de prototypie.

Dans l'expérience 4, les sujets catégorisaient dans l'apprentissage des items de type I ou III ainsi que les prototypes. Cette introduction des prototypes n'a pourtant pas influencé les effets de prototypie. Nous pensons que cela est dû au type de tâche qui était de nature très perceptive, ce qui n'a pas favorisé l'encodage des prototypes. Les sujets utilisaient la distance entre les pseudomots pour juger si ils étaient identiques ou différents.

Dans l'expérience 5, nous avons modifié la présentation des items de la phase test. Ceux-ci n'étaient plus présentés ensemble mais l'un à la suite de l'autre afin de minimiser la part perceptive du traitement et de faire intervenir des mécanismes plus mnésiques. Cette procédure nous a effectivement permis d'obtenir une interaction prototypie\*distance proche du seuil de significativité comme dans l'expérience 2. Les items prototypiques étaient mieux traités lorsqu'ils étaient similaires. Cependant, contrairement à l'expérience 2, les sujets ne connaissaient pas les prototypes, ce qui allait dans le sens de notre hypothèse : les effets de prototypie ne proviennent pas de l'activation des prototypes qui auraient été codés en mémoire mais plutôt de l'activation de tous les exemplaires présentés durant l'apprentissage.

La troisième série d'expériences avait pour objectif d'obtenir des effets de prototypie en changeant la tâche de la phase test et des effets conjugués de prototypie et de distance en faisant varier le type d'item présenté. Les deux phases des expériences utilisaient une tâche de catégorisation et les items pouvaient être de même prototypie mais plus ou moins distants les uns des autres (de type Ia, IIa, Ib, IIb, IIIa, IIIb, IIIc). Cette manipulation permettait de dissocier les deux variables. Comme précédemment dans l'apprentissage, un feedback sonore indiquait aux sujets si leur réponse était juste ou fautive. Nous avons introduit dans la procédure une variable distracteur car nous pensions que la difficulté de la tâche favoriserait les effets de prototypie. Nous n'avons cependant trouvé aucune interaction entre la variable distracteur et les autres variables. Les items présentés sans distracteur étaient mieux traités que les items présentés avec un distracteur dans toutes les conditions expérimentales.

Dans l'expérience 6, les sujets catégorisaient des items de type IIIa à l'apprentissage et des items de type Ia, IIa, IIIa, IIIb et IIIc dans la phase test. Conformément à nos hypothèses, les résultats indiquaient des effets de prototypie et de distance, les stimuli les mieux traités étant les plus prototypiques et ceux vus durant l'apprentissage. La tâche de catégorisation était sensible à la fois à l'influence de la distance et de la prototypie.

Dans l'expérience 7, les sujets catégorisaient des items de type IIIa, IIIb et IIIc dans la phase d'apprentissage et les mêmes types d'items que dans l'expérience 6 dans la phase test. Nous pensions que la dispersion des items d'apprentissage favoriserait l'effet de la prototypie. En effet, chaque item d'apprentissage (IIIa, IIIb et IIIc) pouvait être distant des items de type III de zéro, d'une ou de deux lettres, ce qui devait influencer l'effet de la prototypie et non de la distance. Etant donné que les sujets ne voyaient pas les prototypes à l'apprentissage, nous souhaitions démontrer comme dans l'expérience 5 que les effets de prototypie proviennent de l'activation de tous les exemplaires préalablement encodés. La dispersion des items d'apprentissage a effectivement annulé les effets de distance et favorisé les effets de prototypie pour les réponses oui. Pour les réponses non, nous avons obtenu des effets conjugués de prototypie et de distance.

Dans l'expérience 8, les sujets voyaient les prototypes durant la phase d'apprentissage. Comme dans les trois dernières expériences de Whittelsea, nous voulions démontrer que de voir les prototypes favoriserait les effets de prototypie du fait d'un meilleur traitement des lettres communes aux prototypes et aux exemplaires. Ce changement de procédure manipulait le degré d'intégration des différentes dimensions du stimulus représentées par les lettres du pseudomot et devait inciter les sujets à traiter les

items de façon moins globale et plus analytique. Conformément à nos hypothèses, les résultats étaient similaires à ceux de l'expérience 7, et similaires à ceux de Whittlesea pour les réponses oui. Dans l'expérience 4, le fait de présenter les prototypes dans l'apprentissage n'avait pas influencé les effets de prototypie dans la tâche de discrimination. Dans cette expérience, la tâche de catégorisation était sensible à la présentation des prototypes.

Ainsi, nous avons obtenu des effets de prototypie à travers deux procédures différentes dans la phase d'apprentissage : en augmentant la dispersion des items dans l'expérience 7 et en présentant les prototypes dans l'expérience 8.

L'expérience 9 manipulait la distance par rapport aux stimuli d'apprentissage : les stimuli de la phase test pouvaient être plus ou moins prototypiques et plus ou moins distants des stimuli d'apprentissage. En dissociant la prototypie et la distance, nous souhaitions démontrer que les effets de prototypie sont issus de la réactivation des exemplaires traités durant l'apprentissage. Le croisement des deux variables devait nous permettre d'obtenir une interaction prototypie\*distance. Les résultats indiquaient effectivement une influence de la prototypie uniquement pour les items distants des items d'apprentissage pour les réponses oui. Comme dans les expériences précédentes, les réponses non restaient sensibles aux effets de distance perceptive entre les stimuli.

D'une manière générale, les résultats de ces trois séries d'expériences sont en accord avec ceux des travaux de Whittlesea (1987).

Ils démontrent l'influence que peut avoir une série d'exemplaires sur une amorce de par leur distance perceptive. L'encodage de tous les exemplaires joue un rôle plus important que l'encodage des aspects typiques des informations.

Ils permettent d'interpréter les effets de la prototypie en termes de similarité à tous les exemplaires et non en termes d'encodage des prototypes comme dans la perspective des modèles abstractionnistes.

Ils démontrent également que le type de tâche et la nature des informations traitées ont un impact sur les performances et mettent en avant l'influence de telle ou telle variable. Tout traitement de l'information est spécifique à l'épisode de traitement et les différentes dimensions du stimulus ont au sein de chaque trace un poids variable selon le traitement mis en jeu, le traitement étant lui-même conditionné par la tâche. En effet, nous avons obtenu une influence de la prototypie, de la distance ou des deux selon le type de tâche, le type d'item et la façon dont les stimuli étaient traités (comme un tout ou comme des parties séparées).

Nous rappelons que Whittlesea a implémenté dans son modèle épisodique une architecture connexionniste afin de rendre compte du caractère épisodique, multidimensionnel et distribué des traces. La trace doit pouvoir coder les caractéristiques des expériences spécifiques liées au contexte ainsi que les diverses propriétés de ces expériences. La particularité de son modèle est d'avoir mis l'accent sur le degré d'intégration des différentes dimensions d'une information dans le traitement. Celles-ci peuvent être traitées globalement ou plus ou moins indépendamment selon les mécanismes attentionnels mis en jeu dans la tâche. Dans cette perspective, les traces ne sont pas des unités mnésiques stockées individuellement comme dans les modèles



purement épisodiques, mais des configurations actives d'informations dépendantes de la spécificité de l'expérience et du degré d'intégration des dimensions traitées. La nature de la trace dépend étroitement de la nature des traitements accomplis sur un type d'information à un moment donné dans l'expérience du sujet. La représentation même n'a d'existence qu'à travers ce processus et n'est pas à l'instar de la trace une entité stockée dans un système spécifique.

Selon Versace (2001), toute forme de connaissance émerge des expériences perceptivo-motrices et émotionnelles de l'individu. Ces expériences émergentes peuvent refléter soit des connaissances très épisodiques, c'est-à-dire similaires à des expériences spécifiques, soit des connaissances plus conceptuelles qui résument les propriétés communes à de nombreuses expériences. Pour cet auteur, la modélisation du processus cognitif doit prendre en compte la capacité de l'individu à extraire des connaissances de l'environnement de façon automatique et inconsciente, son aptitude à réutiliser ses connaissances antérieures, la diversité de ses comportements et sa capacité d'adaptation aux contraintes de l'environnement.

Nous pensons que la mémoire est un système unique duquel émergent différentes formes de connaissance de par la nature distribuée de l'information. Ce n'est pas une entité divisée en sous-systèmes qui stocke différents types d'informations mais un processus actif au sein duquel les traitements des connaissances sont des états particuliers du système. Ces caractéristiques sont étroitement dépendantes des propriétés plastiques du cerveau et un modèle de mémoire ne peut faire l'impasse d'une certaine plausibilité biologique. Les données de la neuroscience ne font pas état de concepts ou de traces stockés à des adresses précises dans le système nerveux. Les différentes dimensions d'une trace sont stockées dans des réseaux de neurones et les informations codées servent à de multiples traces, définies par des états du système à un moment donné.

Dans son ouvrage « Autonomie et Connaissance », Varela (1989) affirme la nécessité de prendre en compte les mécanismes sous-jacents qui permettent aux systèmes naturels d'être autonomes. Ces mécanismes sont liés aux interactions entre ces systèmes et leur environnement et sont partout présents dans le monde. Il propose un nouveau paradigme, celui de l'autonomie, comme alternative au paradigme de la commande tributaire de la métaphore de l'ordinateur. Selon lui, les mécanismes de l'autonomie du vivant doivent renouveler notre façon de concevoir les activités cognitives. « L'être vivant constitue son propre cadre d'existence et de sens, il est pour soi : ce que certains philosophes ont de tout temps affirmé est entré dans les laboratoires ».

A l'heure de l'essor des sciences cognitives qui synthétisent un grand nombre de données, il apparaît que l'étude de la mémoire doit intégrer les propriétés émergentes du système nerveux, le caractère multidimensionnel des représentations, la grande diversité des connaissances et le rôle du contexte sur l'individu en tant qu'être biologique et social inscrit dans son environnement. Bien sur, il ne s'agit pas de réduire le fonctionnement cognitif humain à une circuiterie cérébrale mais de dépasser les débats.

Comme le dit Damasio (1994) : L'erreur de Descarte.



# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amstrong, S. L., Gleitman, L. R., & Gleitman, H. (1983). What some concepts might not be. *Cognition*, 13, 263-308.
- Anderson, J. R. (1976) . Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, 89, 369-406.
- Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Anderson, J. R. (1990) . *The adaptative character of thought*. Hillsdale, NJ : Erlaum.
- Anderson, J. R., & Bower, G. H. (1973). *Human associative memory*. Washington, DC : Winston.
- Andler, D. (Ed.). (1992). *Introduction aux sciences cognitives*. Editions Gallimard. Paris
- Barsalou, L. W. (1985). Ideals, central tendency, and frequency of instanciation as determinants of graded structure in categories. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 11, 629-654.
- Barsalou, L. W. (1987). The instability of graded structure, in U. Neisser (Édit ;), *Concepts and conceptual development*, Cambridg, Cambridge University Press, 101-140.
- Barsalou, L. W. (1990). On the indistinguishability of exemplar memory and abstraction in category representation. In T. K. Srull & R. S. Wyer (Eds.), *Advances in social cognition* (pp. 61-88). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Bennet, E. L., Orme, A. E., & Herbert, M. (1972). Cerebral protein synthesis inhibition and amnesia produced by scopolamine, cycloheximide, streptovitacin A, anisomycin, and emetine in rat. *Fed Proc.* 31 : 838.
- Boole, G. (1854 / 1961). *An Investigation of The Laws of Thought*, Dover, New York.
- Bourne, L. (1982). Typicality effects in logically defined categories. *Memory and Cognition*, 10, 3-9.
- Changeux, J. P. (1983). *L'homme neuronal*. Paris : Fayard.
- Changeux, J. P. (1992). Les neurones de la raison. *La Recherche*, 244, 705-713.
- Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 407-428.
- Collins, A. M., & Quillian, M. R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8, 240-248.
- Collins, A. M., & Quillian, M. R. (1972). Experiments on semantic memory and language comprehension. In L.W. Gregg (Ed.), *Cognition in Learning and Memory* (PP. 117-137). New York : Wiley.
- Damasio, A. R. (1995). *L'erreur de Descartes, la raison des émotions*. Paris : Odile Jacob.
- Diamond, M. C., Krech, D., & Rosenzweig, M. R. (1964). The effects of an enriched environment on the histology of the rat cerebral cortex. *J. Comp. Neurol*, 123 : 111-19.
- Ebbinghaus, H. (1964). *Memory* (H.A.Ruger & C. E. Bussenius, Trans.). New York : Dover. (Original work published, 1885).

- 
- Edelman, G. M. (1992). *Biologie de la conscience*. Paris : Odile Jacob.
- Estes, W. K. (1989). Early and late memory processing in models for category learning. In *Current issues in Cognitive Processes : The Tulane Symposium on Cognition*, ed. C. Izawa, pp. 11-24. Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Estes, W. K. (1991). Cognitive architecture from the standpoint of an experimental psychologist. *Annual Review of Psychology*, 42, 1-28.
- Freedman, J. L., & Loftus, E. F. (1971). Retrieval of words from long-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 10, 107-115.
- Gallup, G. G. (1977). Absence of self-recognition in a monkey (*Macaca fascicularis*) following prolonged exposure to a mirror. *Development Psychology*, 10, 281-284.
- Gardner, M., & Gardner, M. (1971). Evidence for sentence constituents in the early utterances of child and chimpanzees. *Journal of Experimental Psychology :General*, 104, 244-267.
- Globus, A., Rosenzweig, M. R., Bennet, E. L., & Diamond, M. C. (1973). Effects of differential experience on dendritic spine counts in rat cerebral cortex. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 82, 175-181.
- Gluck, M. A., & Bower, G. H. (1988). Evaluating and adaptive network model of human learning. *Journal of Memory and Language*, 27, 166-195.
- Hayes-Roth, B., & Hayes-Roth, F. (1977). Concept learning and the recognition and classification of exemplars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 16, 321-328.
- Hayes, N. A., & Broadbent, D. (1988). Two modes of learning for interactive tasks. *Cognition*, 28, 249-276.
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior : A neuropsychological theory*. New-York : Wiley.
- Hintzman, D. L. (1984). MINERVA 2 : A simulation model of human memory. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 16, 96-101.
- Hintzman, D. L. (1986). "Schema abstraction" in a multiple-trace memory model. *Psychological Review*, 93, 411-428.
- Hintzman, D. L. (1987). Recognition and recall in MINERVA 2 : Analysis of the recognition failure paradigm. In P. E. Morris (Ed.), *Modelling Cognition* (pp. 215-229). London : Wiley.
- Hintzman, D. L. (1988). Judgments of frequency and recognition memory in a multiple-trace memory model. *Psychological Review*, 95, 528-551.
- Hintzman, D. L. (1990). Human learning and memory : Connections and dissociations. *Annual Review of Psychology*, 41, 109-139.
- Hollingworth, H. L. (1913). Characteristic differences between recall and recognition. *Am. J. Psychol.* 24 : 532-44.
- Hollingworth, H. L. (1928). General laws of reintegration. *J ; Gen. Psychol.* 1 : 79-90.
- Holloway, R. L. (1966). Dendritic branching : some preliminary results of training and complexity in rat visual cortex. *Brain Res.* 2 : 393-96.
- Homa, D. (1988). Long-term memory for pictures under conditions of thematically

- related fails. *Memory and Cognition*, 16, 411-421.
- Homa, D., & Chambliss, D. (1975). The relative contributions of common and distinctive information on the abstraction from ill-defined categories. *Journal of Experimental Psychology : Human Learning and Memory*, 1, 351-359.
- Homa, D., Sterling, S., & Trepel, L. (1981). Limitations of exemplar-based generalization and the abstraction of categorical information. *Journal of Experimental Psychology : Human Learning and Memory*, 71, 418-439.
- Hume, D. (1739). *A Treatise of Human Nature*. London.
- Jacoby, L. L. (1983a). Perceptual enhancement : Persistent effects of an experience. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 9, 21-38.
- Jacoby, L. L. (1983b). Remembering the data : Analyzing interactive processes in reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 485-508.
- Jonshon-Laird, P. N. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Jonshon, M. K., Kim, J. K., & Risse, G. (1985). Do alcoholic Korsakoff's syndrome patients acquire affective retentions ? *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 11, 22-36.
- Katz, J.J., & Postal, P. M. (1964). *An integrated theory of linguistic descriptions*. Cambridge, Mass : MIT Press.
- Kintsch, W., & Van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review*, 85, 363-394.
- Kosslyn, S. M., Bell, T. M., & Reiser, B. J. (1978). Visual images preserve metric spatial information : Evidence for studies of image scanning. *Journal of Experimental Psycholog : Human Perception and Performanc*, 4(1), 47-60.
- Krusche, J. K. (1990a). *A connectionist model of category learning*. Doctoral dissertation, University of California at Berkeley. University Microfilms International.
- Krusche, J. K. (1990b). *ALCOVE : A connectionist model of category learning* (Cognitive Science Research Rep. No. 19). Bloomington : Indiana University.
- Krusche, J. K. (1992). *ALCOVE : An exemplar-based connectionist model of category learning*. *Psychological Review*, 99, 22-44.
- Lewiki, P., Czyzewska, M., & Hoffman, H. (1987). Unconscious acquisition of complex procedural Knowledge. *Journal of Experimental Psycholog : Learning, Memory and Cognition*, 13, 523-530.
- Loftus, E. F. (1973). Category dominance, instance dominance, and categorization time. *Journal of Experimental Psychology*, 97, 70-74.
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95, 492-527.
- Lorenz, K. (1983). *L'agression, une histoire naturelle du mal*. Paris : Flammarion..
- Marr, D. (1982). *Vision : A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*. San Fransisco : Freeman.
- Mc Culloch, W. S., & Pitts, W. (1943). *Un calcul logique immanent dans l'activité nerveuse*, MIT PRESS, Cambridge, Mass.

- 
- Mc Koon, G., Ratcliff, R., & Dell, G. S. (1986). A critical evaluation of the semantic-episodic distinction. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 24, 295-306.
- Mc Koon, G., & Ratcliff, R. (1995). How should implicit memory phenomena be modeled ? *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 3, 777-784.
- Medin, D. L., & Schaffer, M. M. (1978). Context theory of classification learning. *Psychological Review*, 85, 207-238.
- Meyer, D. E., & Schvaneveldt, R. W. (1971). Facilitation in recognizing pairs of words : Evidence of a dependence of retrieval operations. *Journal of Experimental Psychology*, 90, 227-234.
- Mizumori, S. J. Y., Rosenzweig, M. R., & Bennet, E. L. (1985). Long-term working memory in the rat : effects of hippocampally applied an-isomycin. *Beha. Neurosci.* 99 : 220-32.
- Mizumori, S. J. Y., Sakai, D. H., Rosenzweig, M. R., Bennet, E. L., & Wittreich, P. (1987). Investigations into the neuropharmacological basis of temporal stages of memory formation in mice trained in an active avoidance task. *Behav. Brain Res.* 23 : 239-50.
- Newel, A., & Simon, H. A. (1972). *Human Problem Solving*, Prentice-Hall, Englewoods Cliffs, NJ, USA.
- Nissen, M. J., Willingham, D. B., & Bullemer, P. (1989). On the development of procedural knowledge. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1047-1060.
- Nosofsky, R. M. (1986). Attention, similarity, and the identification-categorization relationship. *Journal of Experimental Psychology : General*, 115, 39-57.
- Nosofsky, R. M. (1988). Similarity, frequency, and category representations. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 14, 54-65.
- Nosofsky, R. M. (1991). Tests of an exemplar model for relating perceptual classification and recognition memory. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 17, 3-27.
- Nosofsky, R. M., & Palmeri, T. J. (1997). An exemplar-based random walk model of speeded classification. *Psychological Review*, 104, 266-300.
- Piaget, J. (1937). *La construction du réel chez l'enfant*. Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, trad. Angl., 1971, *The Construction of Reality in the Child*, New York, Ballantine Books.
- Piaget, J. (1963). *The Origins of Intelligence in Children*, New York, Norton.
- Posner, M. I., & Keele, S. W. (1968). On the genesis of abstract ideas. *Journal of Experimental Psychology*, 77, 353-363.
- Posner, M. I., & Keele, S. W. (1970). Retention of abstract ideas. *Journal of Experimental Psychology*, 83, 304-8.
- Quillian, M. R. (1969). The teachable language comprehender. A simulation program and theory of language. *Communications of the Association for Computing Machinery*, 12, 1-20.

- Reber, A. S. (1969). Transfert of syntactic structure, in synthetic language, *Journal of Experimental Psychology*, 81, 115-119.
- Reed, S. K. (1972). Pattern recognition and categorization. *Cognitive Psychology*, 3, 382-407.
- Reed, S. K., & Johnsen, J. A. (1977). Memory for problem solutions in Bower, G. H. (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation*, Vol 11, New York, Academic Press.
- Richard, J. F., Bonnet, C., & Ghiglione, R. (1990). *Traité de Psychologie Cognitive*, II, Paris : Dunod.
- Rips, L. J., Shoben, E. J., & Smith, E. E. (1973). Semantic distance and the verification of semantic relations. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 12, 1-20.
- Roediger, H. L., & Blaxton, T. A. (1987). Retrieval modes produce dissociations in memory for surface information. In D. S. Gorfein et R. R. Hoffman (Eds.). *Memory and Cognitive Processes : The Ebbinghaus Centennial Conference* (pp. 349-370). Hillsdale, New Jersey : Lawrence Erlbaum associates.
- Rosch, E. (1973). On the internal structure of perceptual and semantic categories. In T. E. Moore (Ed.), *Cognitive Development and the Acquisition of Language*. New-York : Academic Press.
- Rosch, E. (1975). Cognitive representations of semantic categories. *Journal of Experimental Psychology :General*, 104, 192-233.
- Rosch, E. (1977). Human categorization. In N. Warren (Ed), *Studies in cross-cultural psychology* (pp. 3-49). London : Academic Press.
- Rosch, E., & Mervis, C. B. (1975). Family resemblances : Studies in the internal structure of categories. *Cognitive Psychology*, 7, 573-605.
- Rosenzweig, M. R. (1996). Aspects of the search for neural mechanisms of memory, *Annu. Rev. Psycholog.* 47 : 1-32.
- Rousset, S. (2000). Les conceptions "système unique" de la mémoire : Aspects théoriques [Memory as a single system : Theoretical considerations]. *Revue de Neuropsychologie*, 1.
- Santa, J. L. (1977). Spatial transformations of words and pictures. *Journal of Experimental Psychology : Human, Learning and Memory*, 3, 418-427.
- Schachter, D. L., & Cooper, L. A. (1995). Bias in the priming of object decisions : Logic, assumption, and data. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 21, 768-776.
- Schanks, D. R. (1990). Connectionism and the learning of probabilistic concepts. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 42A, 209-37.
- Semon, R. (1923). *Mnemi psychology* (B. Duffy, Trans.). London : George Allen & Unwin. (Original work published 1909).
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (Eds.). (1948). *The mathematical theory of communication*, Urbana : University of Illinois Press.
- Smith, E. E., Shoben, E. J., & Rips, L. U. (1974). Structure and process in semantic memory : A featural model for semantic decision. *Psychological Review*, 81, 214-241.



- 
- Smolensky, P. (1988). On The proper treatment of connectionism, *Behavioral and Brain Sciences*, 11, 1-37.
- Squire, L. R. (1987). *Memory and Brain*. New-York : Oxford University Press.
- Tanzi, E. (1893). I fatti e le induzioni nell' odierna isologia del sistema nervoso. *Rev. Sper. Freniatr. Med. Leg.* 19 : 419-72.
- Tiberghien, G. (1997). *La mémoire oubliée*. Liège: Mardaga.
- Tolman, E. C. (1927). A behaviorist's definition of consciousness. *Psychological Review*, 34, 433-439.
- Tulving, E. (1976). Ecphoric processes in recall and recognition. In J. Brown (Ed.), *Recall and Recognition* (pp. 361-371). London, England : Willey.
- Tulving (1983). *Elements of episodic memory*. New York : Oxford Univ. Press.
- Tulving, E. (1984). Précis of element of episodic memory. *Behavioral and Brain Sciences*, 7, 223-238.
- Tulving, E. (1985). How many memory systems are there ? *American Psychologist*, 40, 385-398.
- Tulving, E. (1995). Organization of memory : Quo vadis ?, M.S. (Ed), *The Cognitive Neurosciences*. (pp. 839-853). Cambridge, MA, USA : Mit Press.
- Tulving, E., Schachter, D. L., & Stark, H. (1982). Priming effects in word-fragment completion and independant memory. *Journal of Experimental Psychology : Human, Learning and Memory*, 8, 336-342.
- Turing, A. (1950). Computing Machinery and Intelligence, *Mind*, 59, 434-460.
- Turner, A. M., & Greenough, W. T. (1985). Differential rearing effects on rat visual cortex synapses. I. Synaptic and neuronal density and synapses per neuron. *Brain Research*, 329, 195-203.
- Vandierendonck, A. (1988). Typicality gradient in well-defined artificial categories. *Acta Psychologica*, 69, 61-81.
- Vandierendonck, A. (1989). *Typicality, rule structure, and frequency in well-defined diagnostic categories*. Unpublished manuscript.
- Vandierendonck, A. (1990). Rule structure, frequency, typicality gradients, and the representation of diagnostic categories. In K. Gilhooly, M. Keane, R. Logie, & G. Erdos (Eds), *Lines of thinking : Reflections on the psychology of thought*, Vol. 1, pp. 29-40. Chichester : John Wiley.
- Van Dijk, T. A. (1977). Macrostructures sémantiques et cadres de connaissances dans la compréhension du discours. In G. Denhiere (Ed.). *Il était une fois...Compréhension et souvenir de récits*. Lille, Presse Universitaire de Lille.
- Varela, F. J. (1989). *Autonomie et Connaissance. Essai sur le Vivant*. Editions du Seuil : Paris.
- Varela, F. J. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit : sciences cognitives et expérience humaine*. Editions du Seuil : Paris.
- Versace, R. (2000). *Sur les traces de la mémoire*. Communication personnelle au Laboratoire de Psychologie Expérimentale, CNRS UMR 5105, Université Pierre Mendès-France (Grenoble, France), 25 Janvier.

- Versace, R. (2001). *La mémoire dans tous ses états*. Document de synthèse présenté le 9 Mai 2001 dans le cadre d'une HDR.
- Von Neumann, J. (1958). *The Computer and the Brain*, Yale Univ. Press.
- Warrington, E. K., & Weiskrantz, L. (1970). Amnesic syndrome : Consolidation or retrieval ? *Nature (London)*, 22, 628-630.
- Warrington, E. K., & Weiskrantz, L. (1974). The effect of prior learning on subsequent retention in amnesic patients. *Neuropsychologia*, 12, 419-428.
- Watson, J. (1913). Psychology as the behaviorist view it. *Psychol. REV.* 20, 158-177.
- Webb, J. C. (1980). *Mechanism, Mentalism, and Metamathematics*, Reidel, Amsterdam.
- West, R. W., & Greenough, W. T. (1972). Effects of environmental complexity on cortical synapses of rats : preliminary results. *Behav. Biol.* 7 : 279-84.
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine*, Cambridge, Mass : MIT Press.
- Wiesel, T. N., & Hubel, D. H. (1963). Single-cell responses in striate cortex of kittens deprived of vision in one eye. *J. Neurophysiol.* 26 : 1003-17.
- Whittlesea, B. W. A. (1987). Preservation of specific experiences in the representation of general knowledge. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 13, 3-17.
- Whittlesea, B. W. A. (1990). Selective attention, variable processing and distributed representation : Preserving particular experiences of general structures. In R. G. Morris (Ed.), *Parallel distributed processing : Implications for psychology and neurobiology*, Oxford, England : University Press.
- Whittlesea, B. W. A., & Brooks, L. R. (1988). Critical influence of particular experiences in the perception of letters, words, and phrases. *Memory and Cognition*, 16, 387-399.

# ANNEXE 1

## ANNEXE 1a

	KALIG		BUFEL
<b>Déviations I</b>			
<b>O</b>	KOLIG		BOFEL
	KALOG		BUFOL
<b>Y</b>	KYLIG		BYFEL
	KALYG		BUFYL
<b>M</b>	MALIG		MUFEL
	KAMIG		BUMEL
	KALIM		BUFEM
<b>R</b>	RALIG		RUFEL
	KARIG		BUREL
	KALIR		BUFER
<b>T</b>	TALIG		TUFEL
	KATIG		BUTEL
	KALIT		BUFET
<b>P</b>	PALIG		PUFEL
	KAPIG		BUPEL
	KALIP		BUFEP

## ANNEXE 1b

	KALIG		BUFEL
Déviations II			
O. M	KALOM		BOFEM
	MOLIG		MOFEL
	KOMIG		BUFOM
O. R	KORIG		ROFEL
	ROLIG		BUROL
	TALIP		RUFOL
Y. P	KYLIP		BYPEL
	KALYP		PYFEL
	PYLIG		BUPYL
Y. R	KYRIG		RYFEL
	RALYG		ROFYL
	RYLIG		BURY
M. T	MATIG		MUTEL
	TAMIG		BUTEM
	KAMIT		TUFEM
O. T	KOTIG		BOFET
	KATOG		BOTEL
	TALOG		TUPEL

## ANNEXE 1c

ETUDE DE LA MEMOIRE : PERSPECTIVE EPISODIQUE ET DISTRIBUEE

	KALIG		BUFEL
Déviations III			
O . T. P	TOPIG		POFET
	POTIG		TOFEP
	PATOG		TUFEP
	POLIT		PUFOT
	KAPIT		TOPEL
O. M. R	ROLIM		ROMEL
	MOLIR		MOREL
	MALOR		MUROL
	KAMOR		ROMEL
	KOMIR		MOREL
	MARIG		MUROL
O. R. Y	KORYG		BORYL
	ROLYG		BOFYL
	KOLYR		ROFYL
	KARYG		RYFOL
O. M. T	KATOMKOTIM		TOFEMBUTOM
	MATOG		BOTEM

## ANNEXE 2

ETUDE DE LA MEMOIRE : PERSPECTIVE EPISODIQUE ET DISTRIBUEE

	P1	KALIG			P2	BUFEL	
I	1L	3 L	III	I	1 L	3 L	III
KOLIG	KOMIG	MALID	KOMID	BOFEL	MOFEL	BUPES	MOFES
	NOLIG	DALIS	NOLID		BOFEM	TUMEL	TOFEM
KYLIG	KYRIG	PATIG	MYRIG	BYFEL	TYFEL	PUMEL	TYPEL
	KYLIR	KAMYG	KYMIR		RYFEL	PUTEL	RYNEL
MALIG	MOLIG	KOTIG	MOLIS	MUFEL	MUFOL	BONEL	MUNOL
	MATIG	KADIS	MATIR		NUFOL	BUSED	NUSOL
KALIM	KALOM	DAMIG	DALOM	BUFEM	SUFEM	TUSEL	SUPEM
	DALIM	TAMIG	TAMIR		DUFEM	DYFEL	DUTEM
KARIG	KORIG	KALYM	KORYG	BUREL	SUREL	SUFED	SUROL
	NARIG	KALYP	NARYG		PUREL	BUNOL	PUROL
TALIG	TAPIG	KADIR	TAPIM	TUFEL	TUFEP	BUFOR	TUFYP
	TALIP	KAPIR	TARIP		TUFER	BURES	TUSER
KALIT	KAPIT	MALOG	KAPOT	BUFET	BOFET	DOFEL	BOFYT
	DALIT	PANIG	DAPIT		BUNET	TUNEL	BUNYT
KAPIG	KAPYG	KATOG	RAPYG	BUPEL	BYPEL	RUFYL	RYPEL
	KOPIG	PALIT	KOPIT		BUPED	BUFYR	BUPOD
NALIG	NALOG	KAMOG	NYLOG	NUFEL	NUFYL	BUMYL	NUFYS
	NAMIG	RALYG	NAMOG		NUMEL	BUFOS	NUMES
KALIN	RALIN	DASIG	RAMIN	BUFEN	DUFEN	SUTEL	DUSEN
	KYLIN	MANIG	MYNIG		BOFEN	PYFEL	ROFEN
KADIG	KODIG	ROLIG	KODIS	BUDEL	BUDOL	RUFEP	RUDOL
	RADIG	KALOD	RADOG		RUDEL	BOFED	RODEL
KASIG	RASIG	KALOP	RASIP	SUFEL	SUFET	BUREP	SUMET
	MASIG	DOLIG	MYSIG		SUFOL	BOFER	SOFER
KALOG	MALOG	DALIM	MALOT	BOFEL	MOFEL	BUPES	MOFES
	KAMOG	KYLIR	KAMOR		BOFEM	TUMEL	TOFEM
KALYG	KALYM	KOPIG	KAPYM	BYFEL	TYFEL	PUMEL	TYPEL
	KAMYG	KYLIN	KAMYN		RYFEL	PUTEL	RYNEL
KAMIG	TAMIG	KALOM	TAMOG	MUFEL	MUFOL	BONEL	MUNOL
	DAMIG	NOLIG	DYMIG		NUFOL	BUSED	NUSOL
RALIG	RALYG	KORIG	ROLYG	BUFEM	SUFEM	TUSEL	SUPEM
	ROLIG	KODIG	ROLIN		DUFEM	DYFEL	DUTEM
KALIR	KADIR	TAPIG	MADIR	BUREL	SUREL	SUFED	SUROL
	KAPIR	NAMIG	DAPIR		PUREL	BUNOL	PUROL
KATIG	KATOG	NALOG	KATOS	TUFEL	TUFEP	BUFOR	TUFYP
	KOTIG	RALIN	KOTIN		TUFER	BURES	TUSER
PALIG	PALIT	KYRIG	PARIT	BUFET	BOFET	DOFEL	BOFYT
	PATIG	KOMIG	PYTIG		BUNET	TUNEL	BUNYT
KALID	KALOP	RASIG	KASOP	BUPEL	BYPEL	RUFYL	RYPEL



## ANNEXE 3a

	KALIG		BUFEL
Déviations I			
O	KOLIG		BOFEL
	KALOG		BUFOL
Y	KYLIG		BYFEL
	KALYG		BUFYL
M	MALIG		MUFEL
	KAMIG		BUMEL
	KALIM		BUFEM
R	RALIG		RUFEL
	KARIG		BUREL
	KALIR		BUFER
T	TALIG		TUFEL
	KATIG		BUTEL
	KALIT		BUFET
P	PALIG		PUFEL
	KAPIG		BUPEL
	KALIP		BUFEP
N	KANIG		BUNEL
	NALIG		NUFEL
	KALIN		BUFEN
D	KADIG		DUFEL
	DALIG		BUDEL
	KALID		BUFED
S	KALIS		SUFEL
	SALIG		BUSEL

## ANNEXE 3b

ETUDE DE LA MEMOIRE : PERSPECTIVE EPISODIQUE ET DISTRIBUEE

	KALIG		BUFEL
Déviations II			
O. M	KALOM	O. M	BOFEM
	MOLIG		MOFEL
	MALOG		MUFOL
	KOMIG	O. N	BOFEN
	KAMOG		BUNOL
O. R	KORIG	O. T	BOFET
	ROLIG	O. R	BUFOR
O. D	KODIG		BOFER
T. O	KATOG	S. O	BUFOS
	KOTIG	D. O	DOFEL
O. P	KOPIG		BUDOL
	KAPOG		BOFED
	KALOP	Y. R	RYFEL
O. N	NOLIG		BURYL
Y. R	KYLIR	Y. P	BYPEL
	KYRIG		PYFEL
Y. M	KALYM	Y. T	TYFEL
	KAMYG	Y. D	DYFEL
	MALYG	Y. N	NUFYL
	KYLIN	Y. R	RUFYL
T. P.	TAPIG		BUFYR
	TALIP	T. P	TUFEP
	KAPIT	R. P	PUREL
	PATIG		RUFEP
M. T	MATIG		BUREP
	TAMIG	P. T	PUTEL
M. N	NAMIG	R. T	TUFER
	MANIG	S. T	TUSEL
M. S	MASIG		SUTEL
D. M	DALIM	N. T	BUNET
	KAMID		TUNEL
	DAMIG	M. T	TUMEL
D. S	DASIG	D. P	BUPED
	KADIS	M. P	PUMEL
	DALIS	S. P	BUPES
D. T	DALIT	S. M	SUFEM
N. R	NARIG	D. S	BUSED
R. S	RASIG		SUFED
D. R	KADIR	N. O	NUFOL
	RADIG		BONEL
R. D	RALID	S. O	SUFOL
	RADIG	R. S	BURES

## ANNEXE 3c

ETUDE DE LA MEMOIRE : PERSPECTIVE EPISODIQUE ET DISTRIBUEE

		KALIG		BUFEL
Déviations III				
O. D. P	DOPIG		O. D. P	BUPOD
O. N. R	ROLIN		O. N. R	RONEL
O. P. S	KAPOS		O. N. D	NOFED
	KOPIS			DONEL
	KASOP		O. N. R	ROFEN
O. M. R	KAMOR		O. M. N	MOFEN
O. D. M	MOLID		O. D. T	DOTEL
O. D. S	KODIS			TODEL
	DALOS		O. P. T	POTEL
O. P. T	KOPIT		O. P. R	PUROL
O. M. T	MALOT		O. M. T	TOFEM
	MOLIT		O. N. T	TUNOL
O. M. S	MOLIS		O. D. R	BODER
O. D. R	RADOG			RODEL
O. N. T	KOTIN		O. R. T	ROFET
O. M. N	NAMOG			TUROL
O. M. S	MOSIG		O. T. R	BOTER
P.Y.T	PYTIG		O. R. Y	BYFOR
O. R. Y	KORYG		O. R. S	SOFER
	ROLYG		O. M. D	BUMOD
O. R. D	KAROD			MOFED
O. N. P	NAPOG		O. N. S	NUSOL
O. N. D	NOLID		Y. R. N	RYNEL
O. M. D	DOMIG		T. Y. S	BUSYT
	MALOD		P. Y. M	PYFEM
O. N. S	KOSIN		P. Y. R	BURYP
Y. O. N	KYLON		Y. T. D	DYFET
N. R. Y	NARYG		P. Y. D	PYFED
P. Y. M	KAPYM		Y. M. T	TUMYL
S. Y. M	MYSIG			TUMYL
P. Y. S	KASYP			TYFEM
Y. M. R	KYMIR		Y. N. T	BUNYT
	MYRIG		N. Y. D	DYFEN
Y. M. N	KAMYN		Y. M. D	BUDYM
Y. M. D	DYMIG		Y. M. N	NYFEM
D. P. T	DAPIT		N. Y. S	NUSYL
R. P. T	PARIT		Y. M. R	MUFYR
R. M. N	RAMIN		Y. O. T	BYFOT
S. M. D	DAMIS		S. R. D	DUSER
M. T. R	MATIR		S. R. P	PURES

## ANNEXE 4a

		KALIG				
				BUFEL		
Déviations I	la	lb				
				la	lb	
O	KOLIG	KYLIG				
				BOFEL	BYFEL	
Y	KYLIG	KOLIG				
				BYFEL	BOFEL	
M	MALIG	RALIG				
				MUFEL	RUFEL	
R	RALIG	TALIG				
				RUFEL	TUFEL	
T	TALIG	PALIG				
	KATIG	KAPIG		TUFEL	PUFEL	
				BUFEL	BUFEL	
P	PALIG	NALIG				
	KAPIG	KANIG		PUFEL	NUFEL	
				BUFEL	BUNEL	
N	NALIG	DALIG				
	KANIG	KADIG		NUFEL	DUNEL	
				BUNEL	BUDEL	
D	DALIG	SALIG				
	KADIG	KASIG		DUFEL	SUFEL	
				BUDEL	BUSEL	
S	SALIG	VALIG				
	KASIG	KAVIG		SUFEL	VUFEL	
				BUSEL	BUVEL	
V	VALIG	JALIG				
	KAVIG	KAJIG		VUFEL	JUFEL	
				BUVEL	BUJEL	
J	JALIG	WALIG				
	KAJIG	KAWIG		JUFEL	WUFEL	
				BUJEL	BUWEL	
W	WALIG	XALIG				
	KAWIG	KAXIG		WUFEL	XUFEL	
				BUWEL	BUXEL	

## ANNEXE 4b

		KALIG				
					BUFEL	
Déviations II	IIa	IIb	IIc			
				IIa	IIb	IIc
O. M	KOLIM	KOLIV	KYLIV			
	KALOM	KALOP	KALYP	BOFEM	BOFEV	BUFYP
				BUFOM	BUFOP	TYFEL
Y. R	KYLIR	KYLID	KOLID			
	KALYR	KALOR	KALOV	BYFER	BYFED	NOFEL
				BUFYR	BUFOR	TUFOL
T. P	TAPIG	SAPIG	SARIG			
	TALIP	NALIP	NALIM	TUPEL	SUPEL	BUDES
				TUFEP	NUFEP	WUFER
O. N	NOLIG	XOLIG	XYLIG			
	NALOG	WALOG	WALYG	NOFEL	XOFEL	BYFES
				NUFOL	WUFOL	BUFYV
D. S	DASIG	JASIG	JAXIG			
	SADIG	VADIG	VAWIG	DUSEL	JUSEL	BYXEL
				SUDEL	VUDEL	SYFEL
O.V	KOVIG	KYVIG	KYSIG			
	VOLIG	SOLIG	SYLIG	BOVEL	BYVEL	BOFEX
				VOFEL	SOFEL	BUFOP
J.Y	JYLIG	RYLIG				
	KYJIG	KOJIG	KORIG	JYFEL	RYFEL	BUSET
W.R	WALIR	VALIR	VALIT	BYJEL	BOJEL	BOREL
	KAWIR	KAJIR	KAJIS	WUREL	JUREL	JUXEL
				BUWER	BUVER	BUVES
O.X	KOLIX	KYLIX	KYLIN			
	XALOG	PALOG	DALOG	BOXEL	BODEL	BODEZ
				XOFEL	XYFEL	NYFEL
Z.D	ZALID	MALID	MALIT			
	DAZIG	DAXIG	MAXIG	ZUFED	RUFED	RUFEM
				DUZEL	DUNEL	VUNEL

## ANNEXE 4c

		KALIG				
				BUFEL		
Déviations III	IIIa	IIIb	IIIc			
				IIIa	IIIb	IIIc
O.M.R	KORIM	KYRIM	KYTIM			
	KAROM	KATOM	KATYM	BOREM	BYREM	BUTYM
	ROLIM	VOLIM	VYLIM	BUROM	BUTOM	VOFEN
	RALOM	NALOM	NALYM	ROFEM	VOFEM	NUFOT
				RUFOM	NUFOM	ROJEL
O . T . P	TOPIG	ROPIG	RYPIG			
	TAPOG	XAPOG	XAPYG	TOPEL	ROPEL	XUPYL
	TOLIP	DOLIP	DOLIN	TUPOL	XUPOL	DOFER
	TALOP	RALOP	KALYP	TOFEP	DOFEP	RUFOV
				TUFOP	RUFOP	BYTED
O. N. D	KONID	KYNID	KYVID			
	KODIN	KOVIN	KYVIN	BONED	BYNED	BOVER
	NALOD	PALOD	PALYD	BODEN	BOVEN	PUFYD
	KANOD	KAROD	KARYD	NUFOD	PUFOD	BUROM
				BUNOD	BUROD	BUXOT
S.V.J	JAVIS	NAVIS	NAWIS			
	VASIJ	RASIJ	RAMIJ	JUVES	NUVES	RUTEJ
				VUSEJ	RUSEJ	BYTEW
O.X.W	WALOX	DALOX	DALYX			
	KOXIW	KYXIW	KYTIW	WUFOX	DUFOX	POFEV
				BOXEW	BYXEW	DUFYX
J.Y.R	JALYR	JALOR	JALOX			
	KYJIR	KOJIR	KOMIR	JYFER	JOFER	JOFED
				BURYJ	BUNYJ	BUNOJ
Y.Z.N	ZANYG	ZARYG	ZAROG			
	KAZYN		KATON	ZUNYL	DUNYL	DUNOL
				BUZYN	BUPYN	BUPON