

UNIVERSITE LUMIERE LYON 2
INSTITUT DE PSYCHOLOGIE
THESE Pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université Lumière Lyon 2
Discipline : Sciences Cognitives - Option Psychologie Cognitive
Présentée et soutenue publiquement par
Sandrine HONORE épouse MASSON
Le 19 décembre 2002

ETUDE DE L'ORGANISATION DES CONNAISSANCES SEMANTIQUES EN MEMOIRE :

Co-Directeurs de thèse : Dr. Pascal Boyer & Dr. Nathalie Bedoin

JURY Docteur Nathalie Bedoin Docteur Pascal Boyer Professeur Françoise Cordier (rapporteur)
Professeur Francis Eustache (rapporteur) Professeur Isabelle Tapiero Docteur Catherine
Thomas-Antérion

Table des matières

INTRODUCTION .	1
<u>CHAPITRE I :</u> Construction des connaissances sémantiques chez les enfants . .	5
CADRE THEORIQUE . .	5
I. VERS UNE NOUVELLE APPROCHE DU DÉVELOPPEMENT DES CONCEPTS .	5
II. LES MOTEURS DU DÉVELOPPEMENT CONCEPTUEL .	12
III. SYNTHÈSE ET PROBLÉMATIQUE . .	31
PARTIE EXPERIMENTALE .	32
I. Expérience 1 : choix forcé .	32
II. Expérience 2 : jugement de propriété .	39
III. Expérience 3 : tâche d'induction . .	47
IV. CONCLUSION .	57
<u>CHAPITRE II :</u> Organisation des connaissances sémantiques chez les adultes .	59
CADRE THEORIQUE . .	59
I. LA MÉMOIRE : SYSTÈME MULTIPLE OU UNIQUE ? INCIDENCES SUR LES CONNAISSANCES SÉMANTIQUES .	59
II. CRITÈRES ORGANISATEURS DES CONNAISSANCES SÉMANTIQUES . .	68
III. SYNTHÈSE ET PROBLÉMATIQUE . .	97
PARTIE EXPERIMENTALE .	98
I. Expérience 4 : Vérification de propriétés à partir d'un dessin . .	98
II. Expérience 5 : IRMf . .	105
III. Expérience 6 : Vérification de propriétés à partir d'un mot . .	113
IV. Expérience 7 : Amorçage de répétition .	120
V. Expérience 8 : Inférence .	127
VI. CONCLUSION .	133
<u>CHAPITRE III :</u> Devenir des connaissances sémantiques au cours du vieillissement normal et pathologique (dta) .	135
CADRE THEORIQUE . .	135

I. EFFET DU VIEILLISSEMENT SUR LES CAPACITÉS MNÉSQUES .	135
II. La Démence de Type Alzheimer (DTA) . .	140
III. SYNTHÈSE ET PROBLÉMATIQUE . .	153
PARTIE EXPERIMENTALE .	154
I. Expérience 9 : Vérification de propriétés à partir d'un dessin . .	154
II. Expérience 10 : Vérification de propriétés à partir d'un mot .	165
IV. Expérience 11: Etude de deux groupes de patients présentant une DTA modérée et une DTA sévère .	175
V. CONCLUSION .	180
CONCLUSION GENERALE .	183
BIBLIOGRAPHIE . .	187
A .	187
B .	188
C .	190
D .	193
E .	194
F .	194
G .	195
H .	197
I . .	199
J .	199
K .	200
L .	200
M . .	201
N .	204
O .	204
P .	205
Q .	206
R .	206

S .	207
T .	210
V .	211
W . .	212
Y .	212
NOTES BIBLIOGRAPHIQUES .	215
ANNEXES .	219
Listes des propriétés utilisées pour l'Expérience 1 . .	219
Prétest des 160 dessins pour l'Expérience 1 .	219
Tableaux généraux des analyses Anova pour l'Expérience 1 .	221
Pour l'ensemble des groupes d'âge : .	221
Pour les 3 ans : .	221
Pour les 4 ans : .	222
Pour les 5 ans : .	223
Pour les 6 ans : .	224
Pour les 7 ans : .	225
Pour les 8 ans : .	226
Pour les 9 ans : .	227
Pour les adultes : . .	228
Ensemble des dessins utilisés dans l'Expérience 1 .	229
Tableaux des analyses Anova réalisées pour l'Expérience 2 . .	230
Pour l'ensemble des groupes d'âge : .	230
Pour les 3 ans : .	231
Pour les 4 ans .	232
Pour les 5 ans .	233
Pour les 6 ans : .	234
Pour les 7 ans : .	235
Pour les 8 ans : .	236
Pour les 9 ans : .	237

Pour les adultes : . .	238
Ensemble des dessins de l'Expérience 2 .	239
Propriétés utilisées pour l'Expérience 2 .	240
Planches utilisées pour l'Expérience 3 .	241
Prétest des propriétés Expérience 3 N=72 (12*6 enfants par tranche d'âge) .	243
Tableaux généraux des analyses Anova pour les items menées pour l'Expérience 4 (version imagée). .	247
Pour les temps de réponse : .	247
Pour les taux d'erreurs : . .	247
Tableaux généraux des analyses Anova pour les sujets menées pour l'Expérience 4 (version imagée). .	247
Pour les temps de réponse : .	247
Pour les taux d'erreurs : . .	248
Dessins utilisés pour l'Expérience 4 - distracteurs .	248
Dessins utilisés pour l'Expérience 4 - dessins expérimentaux .	249
Items (nom et propriétés) utilisées pour l'Expérience 4 .	250
Items liste A : . .	250
Items liste B : . .	253
Items distracteurs : .	256
Coordonnées stéréotaxiques des aires activées selon les 4 conditions expérimentale (Expérience 5) . .	258
Tableaux généraux des analyses Anova pour les items menées pour l'Expérience 6 (version verbale). .	260
Pour les temps de réponse : .	260
Tableaux généraux des analyses Anova pour les sujets menées pour l'Expérience 6 (version verbale). .	261
Pour les temps de réponse : .	261
Pour les taux d'erreurs : . .	262
Tableaux généraux des analyses Anova réalisées pour les items (Expérience 7) . .	262
Pour les temps de réponse : .	262
Pour les taux d'erreurs : . .	262

Tableaux généraux des analyses Anova réalisées pour les sujets (Expérience 7) .	263
Pour les temps de réponse : .	263
Pour les taux d'erreurs: .	264
Liste des propriétés utilisées pour l'Expérience 7. Présentation de l'ordre A1 (il y a 6 ordres différents au total) D = item distracteur . .	265
APPRENTISSAGE .	265
TEST .	268
Dessins distracteurs utilisés pour l'Expérience 8 .	271
Dessins expérimentaux utilisés pour l'Expérience 8 . .	272
Propriétés utilisées pour les distracteurs de l'Expérience 8 .	274
Propriétés expérimentales pour l'Expérience 8 . .	274
Tableaux généraux des Anova pour l'Expérience 8 (inférence) .	275
Pour les temps de réponse : .	275
Pour les taux d'erreurs: .	276
Tableaux généraux des Anova pour les sujets âgés contrôles réalisant l'Expérience 9 (version imagée) .	276
Pour les temps de réponse : .	276
Pour les taux d'erreurs : . .	277
Tableaux généraux des Anova pour les patients DTA débutants réalisant l'Expérience 9 (version imagée) .	278
Pour les temps de réponse : .	278
Pour les taux d'erreurs : . .	278
Tableaux généraux des analyses Anova pour le groupe de patients DTA au cours des 4 passations du suivi longitudinal l'Expérience 9 (version imagée) . .	279
PASSATION 2 N = 11 .	279
PASSATION 3 N = 10 .	280
PASSATION 4 N = 9 .	282
Tableaux généraux des Anova pour les sujets âgés contrôle réalisant l'Expérience 10 (version verbale) .	283
Pour les temps de réponse : .	283
Pour les taux d'erreurs : . .	284

Tableaux généraux des Anova pour les patients DTA débutants réalisant l'Expérience 10 (version verbale) .	285
Pour les temps de réponse : .	285
Pour les taux d'erreurs : . .	285
Tableaux généraux des analyses Anova pour le groupe de patients DTA au cours des 4 passations du suivi longitudinal l'Expérience 10 (version verbale) . .	286
PASSATION 2 N = 12 .	286
PASSATION 3 N = 10 .	287
PASSATION 4 N = 9 .	288
Tableaux généraux des Anova pour les patients DTA modérés réalisant l'Expérience 11 (version verbale) .	290
Pour les temps de réponse : .	290
Pour les taux d'erreurs : . .	290
Tableaux généraux des Anova pour les patients DTA sévères réalisant l'Expérience 11 (version verbale) .	291
Pour les taux d'erreurs : . .	291

INTRODUCTION

La mémoire peut se définir comme la capacité que nous possédons pour acquérir des informations dans notre environnement en vue de les conserver et de les restituer. Cette définition permet de souligner trois opérations impliquées dans tout processus de mémorisation : l'encodage, le stockage et la récupération.

Le processus de stockage ne se réalise sans doute pas de manière anarchique ; le caractère *organisé* de la mémoire paraît en effet nécessaire en raison de la quantité et de la diversité des informations mémorisées mais aussi en raison de l'efficacité du système cognitif pour structurer l'environnement et lui donner un sens. Cette organisation pourrait s'établir suivant des critères logiques comme les catégories conceptuelles (plutôt que perceptives) mais aussi suivant des critères de familiarité, de similarité, d'impact émotionnel...

Cette thèse porte une attention toute particulière à l'organisation en mémoire d'un certain type de connaissances : les connaissances sémantiques. Ces dernières se définissent comme les connaissances que nous possédons à propos des concepts du monde. Ces connaissances sont plus ou moins abstraites : par exemple, le concept "chien", le concept "amitié" ou encore savoir que Paris est la capitale de la France sont des connaissances sémantiques. Elles sont acontextualisées, multimodales et ont également pour caractéristique de n'être oubliées qu'en cas de pathologie.

Nous proposons d'étudier trois aspects relatifs à cette organisation des connaissances sémantiques en mémoire : leur mise en place chez les enfants, leur structuration chez les adultes et leur possible désorganisation au cours du vieillissement

normal et du vieillissement pathologique. La thèse se compose de trois chapitres, chacun traitant un de ces aspects. Dans chacun de ces chapitres, une présentation du champ théorique précède la présentation des différentes expériences que nous avons réalisées.

Pour chacune des populations étudiées, nous prendrons en compte le domaine de connaissances dont relèvent les informations étudiées. L'hypothèse sous-jacente à notre recherche est que chacun de ces domaines (ici animal et artefact) est sous-tendu par des principes d'organisation différents associés à des processus inférentiels distincts pour l'acquisition et l'utilisation des connaissances.

Le premier chapitre est donc consacré à la question de la construction des connaissances sémantiques chez les enfants. Dans la partie théorique, nous nous attachons tout d'abord à démontrer les limites des conceptions classiques du développement conceptuel des enfants et avançons des arguments en faveur des théories modernes prônant une évolution différente des compétences suivant les domaines de connaissances (animal et artefact). Nous portons ensuite notre attention sur trois aspects qui nous semblent être les principaux moteurs de ce développement conceptuel : les indices visuels, les modes de construction théorique et les indices verbaux. Cette première partie théorique est suivie de la présentation de trois expériences réalisées auprès d'enfants de 3 à 11 ans. Les deux premières (**Expériences 1 et 2**) permettent la mise en évidence d'un développement conceptuel différent suivant deux domaines de connaissances : les domaines animal et artefact. L'**Expérience 3** permet de souligner la capacité des enfants à réaliser des inférences distinctes suivant la nature de la propriété (biologique versus psychologique) au sein du domaine des animaux.

Le deuxième chapitre étudie *l'organisation* des connaissances sémantiques chez les sujets adultes pour le domaine du vivant. Au cours de la partie théorique, nous abordons tout d'abord la question de la modularité de la mémoire : des perspectives distinctes (unitaire et multi-systémique) attribuent des statuts différents aux connaissances sémantiques. Nous étudions ensuite trois facteurs considérés habituellement comme les principaux critères organisateurs de ces connaissances en mémoire : la fréquence, l'appartenance catégorielle et la taxonomie. Nous proposons ensuite, au cours de la partie expérimentale, d'étendre la question de l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire *aux attributs qui définissent les objets* et non plus simplement *aux noms des objets*, comme cela est classiquement le cas, en prenant en considération et en affinant les conclusions issues des travaux sur les noms des objets. Cinq expériences ont été réalisées auprès de sujets adultes jeunes dans le but de tester notre hypothèse d'organisation hiérarchique des attributs pour un même objet en mémoire. Au sein de cette organisation taxonomique, nous nous intéressons particulièrement à deux niveaux (entrée et supra-ordonné) et démontrons que les connaissances à ces deux niveaux sont indépendantes. Les Expériences 4 et 6, basées sur un paradigme de vérification de propriétés à partir d'un dessin (**Expérience 4**) ou d'un mot (**Expérience 6**), testent directement cette l'hypothèse d'organisation taxonomique. La comparaison de ces deux expériences nous permet de connaître plus en détail les effets de la modalité de présentation des stimuli (imagée ou verbale) pour accéder à l'information sémantique. L'**Expérience 5** menée avec la technique d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) nous donne la possibilité d'étudier à chacun

des niveaux de la hiérarchie les effets de la nature fonctionnelle ou structurale des informations. Puis, les **Expériences 7 et 8** visent plus particulièrement à démontrer l'indépendance des connaissances contenues à ces différents niveaux (niveau d'entrée, niveau de supra-ordonné ontologique ou niveau supra-ordonné de domaine).

Dans le troisième chapitre, nous nous intéressons au devenir de cette organisation des connaissances relatives aux attributs d'un même objet au cours du vieillissement normal et du vieillissement pathologique. Dans la partie théorique, nous dressons tout d'abord le bilan des effets du vieillissement normal sur les capacités mnésiques et étudions les critères permettant d'établir la frontière entre un vieillissement normal et des troubles mnésiques pathologiques. Nous présentons ensuite la Démence de Type Alzheimer (DTA), une pathologie affectant particulièrement les connaissances sémantiques. Cette partie théorique est suivie de trois séries d'expériences. Les **Expériences 9 et 10** correspondent aux répliques des expériences de vérification de propriétés à partir d'un dessin et d'un nom proposées aux sujets adultes jeunes. Elles ont été réalisées auprès de patients présentant un début de DTA et auprès de leurs sujets contrôles. Par ailleurs, afin de connaître plus en détail les conséquences de la progression de la DTA sur cette organisation, nous avons effectué un suivi longitudinal des patients pendant 18 mois. Enfin, dans le but de confirmer les indices de destructuration des connaissances sémantiques observables lors du suivi, nous avons effectué la passation de deux groupes de patients plus atteints par la pathologie (**Expérience 11**) : des patients présentant une DTA modérée et des patients présentant une DTA sévère. La comparaison des performances entre les adultes jeunes, les personnes âgées contrôles et les patients DTA à différents stades de la pathologie apportent des informations précieuses sur l'organisation et la destructuration des connaissances sémantiques en mémoire.

À l'issue de ces trois chapitres, nous terminons par une conclusion générale qui dresse le bilan des travaux que nous avons effectués et nous soulignons l'apport qu'ils ont fourni aux débats actuels.

CHAPITRE I : Construction des connaissances sémantiques chez les enfants

CADRE THEORIQUE

I. VERS UNE NOUVELLE APPROCHE DU DÉVELOPPEMENT DES CONCEPTS

Les conceptions classiques considèrent le développement conceptuel de l'enfant comme un processus général, semblable pour tous les domaines de connaissance. Ce développement se réaliserait par un franchissement successif de stades et permettrait à l'enfant de différencier et d'organiser petit à petit les éléments du monde qui l'entoure. Après avoir illustré cette conception par la présentation rapide des travaux de Piaget et Inhelder (1991, publication originale 1959), nous verrons comment les théories modernes ont suggéré l'idée d'un développement conceptuel différent selon des domaines de connaissances particuliers. Nous présenterons une série de travaux conduits sur les

capacités de catégorisation des jeunes enfants qui laissent transparaître un développement spécifique aux domaines de connaissances. Ensuite, nous porterons tour à tour notre attention sur la contribution apportée par les indices visuels, les principes de construction théoriques et les indices verbaux dans l'élaboration et l'organisation de ces connaissances sémantiques en mémoire. Ce cadre théorique nous permettra de dresser la problématique dans laquelle s'inscrivent nos trois expériences réalisées auprès d'enfants.

I.1. Une illustration de la conception “développement général” : le modèle piagétien

I.1.1. Présentation générale

La théorie constructiviste de Jean Piaget, développée entre les années 1920 et 1970, postule que le développement cognitif (et conceptuel) de l'enfant consiste à franchir une série d'étapes. Ces stades seraient atteints dans un ordre invariable : tout d'abord le stade sensori-moteur couvrant la période de la naissance au deuxième anniversaire, le stade préopératoire de 2 ans à 6/7 ans, le stade des opérations concrètes de 6/7 à 11/12 ans et enfin le stade des opérations formelles correspondant à toute l'adolescence et l'âge adulte.

Bien plus qu'une description des capacités des enfants à ces différentes périodes, cette théorie formalise les mécanismes qui permettent la transition d'un stade au stade suivant : l'assimilation, l'accommodation et l'équilibration. Grâce à l'assimilation, l'enfant transforme les informations nouvelles auxquelles il a accès afin de les intégrer aux structures mentales (ou modes de pensée) dont il dispose, tandis que l'accommodation lui permet d'ajuster son mode de pensée aux expériences nouvelles qu'il rencontre. L'équilibration, synthèse des deux mécanismes précédents, est quant à elle, le véritable moteur du développement conceptuel de l'enfant : elle permet une reconstruction des connaissances qui conduit à élaborer une représentation du monde qui “ressemble de plus en plus à la réalité” pour reprendre les termes de Siegler (2001, p. 41).

I.1.2. Développement des concepts par stades

Au cours du *stade sensori-moteur*, les enfants, selon cette vue classique, ne posséderaient pas de connaissances conceptuelles abstraites mais, sur la base de leurs capacités sensori-motrices et des structures perceptives des objets, seraient tout de même en mesure de construire des catégories.

Pour illustrer le rôle prépondérant de la motricité sur la construction conceptuelle, Piaget rapporte une observation réalisée sur sa fille lorsqu'elle avait quelques mois. Lorsqu'elle était allongée dans son berceau, elle aimait faire bouger un de ses jouets suspendus avec son pied et ensuite, reproduire systématiquement ce geste lorsqu'elle n'était plus dans le berceau mais qu'elle pouvait tout de même percevoir visuellement l'objet. Ainsi, il considéra que sa fille avait construit la catégorie à laquelle cet objet appartenait comme “quelque chose qui remue quand je tape avec mon pied”.

Au cours du *stade préopératoire*, seules les dimensions perceptivement saillantes de l'objet seraient la base de la catégorisation chez les enfants. De nombreuses expériences de classification soulignent les difficultés à dépasser ces indices, ceci constituant une entrave à la formation de catégories plus abstraites. Dans ce type d'épreuve, il est classiquement demandé aux enfants de "mettre ensemble" des blocs qui varient selon différentes dimensions (par exemple : taille, couleur, forme). Piaget et Inhelder ont observé que, au début de la tâche, les enfants mettent ensemble les objets partageant une même dimension (par exemple tous les *petits* objets) puis modifient leur critère en cours de route en prenant en compte subitement un autre critère (la *forme* par exemple), ceci ayant pour conséquence de former, à l'issue de l'épreuve, un groupe sans caractéristique unifiante. Selon ces auteurs, il faudrait atteindre la fin de la période préopératoire pour que les enfants soient capables de classer les objets sur une base stable.

Ce n'est qu'à la *période des opérations concrètes*, entre 6/7 et 11/12 ans, que les enfants construisent de véritables catégories abstraites. Cette évolution est rendue possible à la fois par une certaine libération à l'égard de la perception, sur laquelle nous reviendrons plus tard, et par la maîtrise des processus d'anticipation et de rétroaction, méthodes respectivement ascendante et descendante de construction des collections. L'acquisition de ces processus permet à l'enfant, pour la première fois, d'assimiler les relations qui existent entre les catégories. En effet, le processus d'anticipation permet aux enfants de concevoir que des petites collections ayant des qualités communes peuvent être réunies en collections plus grandes (par exemple, avec des marguerites et des roses, on peut faire un bouquet de fleurs), et le processus de rétroaction permet de concevoir qu'un ensemble peut être subdivisé en petites collections (avec un bouquet de fleurs ramassées dans un champ, il est possible de faire un bouquet de marguerites et un bouquet de coquelicots).

I.1.3. Problème de l'inclusion des classes

À ce stade des opérations concrètes, il n'y aurait pas, selon Piaget, de coordination possible entre ces deux processus d'anticipation et de rétroaction. Ainsi, lorsque les enfants

“ ont subdivisé une collection B en deux sous collections A et A', ils ne comprennent pas sans un nouvel acte de pensée (parfois même non couronné de succès) qu'elles font toujours partie de B. ” (Piaget & Inhelder, 1991, p. 287)

Ces auteurs ont mis en évidence cette impossibilité de penser une organisation emboîtée des connaissances sémantiques avant la fin du stade des opérations concrètes, soit vers 10/11 ans, grâce à une étude conduite auprès d'un groupe de 117 enfants âgés de 7 à 14 ans.

Dans cette expérience, des dessins de catégories différentes étaient proposés aux enfants : 3 à 4 dessins représentant des canards, 3 à 5 dessins représentant des oiseaux autres que des canards et 5 autres animaux qui n'étaient pas des oiseaux¹. Des questions permettant d'évaluer la classification spontanée ("peux-tu mettre tous les dessins qui selon toi vont bien ensemble ?"), les inclusions générales ("est-ce que ce sont tous des animaux ?") et la quantification de l'inclusion ("est-ce que dans l'ensemble, il y a plus de

canards ou plus d'animaux ?) ont été proposées à chacun des enfants.

Les résultats de cette étude révèlent que les enfants, jusqu'à 9 ans, répondent de façon erronée à la question "est-ce que dans l'ensemble, il y a plus de canards ou plus d'animaux ?" et ce, même si la proportion de canards est inférieure à celle des non-canards. Piaget a interprété cette erreur comme la conséquence de leur difficulté à concevoir qu'un même objet puisse appartenir à des catégories différentes. En effet, la bonne réponse à cette question est accessible uniquement si les enfants arrivent à prendre en compte l'existence d'une organisation hiérarchique : un même objet peut simultanément appartenir à la fois à une sous-catégorie (les canards) et à une catégorie supérieure (les animaux). Piaget a remarqué que si l'on pousse les enfants à réfléchir sur leurs réponses, ils reformulent la question en demandant si elle consiste à demander si "il y a plus de canards ou plus d'animaux autres que les canards" : ceci les amène alors à comparer le nombre de canards au nombre d'animaux et à répondre alors qu'il y a plus de canards que d'animaux.

Cette théorie postule donc que (1) le développement conceptuel se réalise par franchissement de stades successifs (2) les stades de développement répondent à des principes identiques pour tous les domaines de connaissance (3) la pensée conceptuelle (permise par la maîtrise d'une organisation taxonomique) est impossible avant 10/11 ans.

I.2. Repenser les théories classiques du développement conceptuel ?

I.2.1. Notion de "décalage horizontal"

Dans l'exemple du problème de l'inclusion de classes que nous venons de présenter, Piaget et Inhelder (1991) ont relevé que les enfants du même âge n'obtenaient pas les mêmes performances avec du matériel géométrique qu'avec du matériel plus concret représentant des animaux, les performances des enfants étant moins bonnes dans ce dernier cas. Le fait que les enfants se situent à un niveau donné pour certaines tâches et à un niveau plus élevé (ou inférieur) pour d'autres, alors qu'elles relèvent toutes de la mise en oeuvre des mêmes mécanismes, est identifié par le terme de "*décalage horizontal*" dans les études piagétienne.

Ce phénomène de décalage horizontal n'est pas l'apanage du processus de la construction taxonomique des connaissances sémantiques et a été rencontré dans de nombreuses études. Bien que nous portions uniquement notre attention, dans cette thèse, sur la question du développement des connaissances conceptuelles et de leur organisation, il faut préciser que de nombreux auteurs contemporains de Piaget, rapportés par Thomas et Michel (1994) ont relevé de tels phénomènes. Par exemple au cours de travaux portant sur la permanence de l'objet (Bower, 1977), sur la perception des formes (Fantz, 1961), à propos de l'égo-centrisme (Bruner, 1964), des phénomènes de décentration (Hughes, 1975) ou bien encore au sujet de la conservation (Gelman &

¹ Une version plus complexe de cette expérience est également rapportée, celle-ci comportant d'autres catégories telles que "les animaux qui volent mais qui ne sont pas des oiseaux", "des animaux qui ne volent pas" ou encore "des artefacts". Les résultats obtenus sont identiques.

Gallistel, 1978). Malgré l'identification de ces phénomènes, les théories piagésiennes leur ont porté très peu d'intérêt.

Quelques pistes explicatives sont néanmoins fournies par les théories néopiagésiennes qui tentent, depuis ces dernières décennies, d'intégrer la théorie piagésienne à d'autres courants théoriques (apprentissage, traitement de l'information, approche socio-historique...) tout en préservant certains des postulats piagésiens essentiels. On peut, à titre d'exemple, citer le modèle de Case (1985, 1987) qui, tout comme Piaget, décrit le développement de l'enfant comme un franchissement de stades successifs, mais qui modifie cette notion en proposant l'existence de sous-stades de développement à l'intérieur de chaque stade. Cet aménagement permettrait de rendre compte, a posteriori, des effets de décalages. À chacun de ces sous-stades, le même processus global serait appliqué à de nouveaux objets et situations ; les phénomènes de décalage seraient la manifestation de la réalisation incomplète d'un processus cognitif complexe avant d'avoir atteint le dernier sous-stade. Une autre particularité intéressante de ce modèle est l'organisation récursive ou cyclique de ces sous-stades (le dernier sous-stade d'un stade est confondu avec le premier du stade suivant), rendant ainsi moins abrupte le passage d'un stade au l'autre. Dans son ouvrage de 1992, Olivier Houdé présente, entre autres, les modèles proposés par Pascual-Léone (1988) et Halford (1982, 1988). Ces auteurs proposent une autre façon d'expliquer les phénomènes de décalages horizontaux. Selon eux, les décalages pourraient provenir du fait que les enfants, bien que possédant le schéma d'inclusion (par exemple), ne pourraient pas mettre en oeuvre de façon systématique la stratégie attentionnelle nécessaire à l'inhibition des schèmes dangereux (c'est-à-dire co-occurents et moins élaborés), l'activation de ces derniers étant suscitée par les aspects plus ou moins prégnants du contexte. C'est cette notion de contexte que Fisher (1980) propose, lui aussi, dans son modèle, en donnant un large rôle aux expériences environnementales vécues par l'enfant. Ce "support environnemental" du développement cognitif de l'enfant pourrait jouer, selon lui, un rôle à la fois sur le niveau des aptitudes acquises par les enfants et sur celui de l'ordre de cette acquisition.

Ces théoriciens postulent donc qu'il est possible de concilier l'idée d'une régularité et d'une universalité du développement de l'enfant malgré l'observation de variabilités intra- et inter-sujets. Bien que ces aménagements néopiagésiens semblent pertinents, ceux-ci restent impuissants à expliquer la manifestation précoce de compétences catégorielles chez de très jeunes enfants. Après avoir illustré ces capacités, nous exposerons des conceptions radicalement nouvelles par rapport aux théories classiques.

I.2.2. Précocité des compétences de catégorisation chez l'enfant

Dès 1940, travaillant auprès d'enfants de 3 ans et demi à 7 ans, Welch et Long ont rapporté que ces enfants étaient en mesure d'utiliser des connaissances relevant de différents niveaux au sein d'une classification hiérarchique (ces auteurs démontraient que ces enfants savaient parfois dire qu'un chien était un animal ou bien qu'une dame était une personne), s'ils étaient invités à justifier leurs réponses. Cette recherche fut une des premières à mettre en doute les assertions des théories classiques et fut ensuite suivie d'études démontrant l'existence de niveaux de compétences conjoints chez un même enfant face à un problème donné ; l'enfant décidant alors consciemment d'appliquer l'une

ou l'autre de ces stratégies. Smiley et Brown (1979, cité par Siegler, 2001) ont rapporté, conformément aux résultats des études piagésiennes, que les enfants réalisent préférentiellement des assemblages thématiques plutôt que taxonomiques dans une tâche de classification (ils mettent ensemble un chien et une balle plutôt qu'un chien et un ours). Les études classiques auraient conclu à l'incapacité de ces enfants à penser les relations catégorielles entre les éléments, mais ces auteurs ont démontré que les enfants possédaient les concepts pertinents pour réussir les épreuves mais qu'ils choisissaient volontairement de ne pas les appliquer dans cette situation particulière. Dans cette épreuve, ils justifiaient leurs choix en disant qu'ils trouvaient leurs rassemblements "plus intéressants". Ceci montre que si la compétence est présente, elle ne fait pas pour autant l'objet d'une utilisation préférentielle. Cole et Scribner (1974, cité par Siegler, 2001) ont rapporté des résultats similaires avec les enfants d'une tribu africaine. Les expérimentateurs parvenaient à obtenir d'eux des classements taxonomiques plutôt que thématiques en leur demandant comment un individu idiot procéderait s'il devait répondre à la tâche !

Depuis, de nombreuses études basées sur des paradigmes adaptés à des populations d'enfants très jeunes ont permis de mettre à jour des compétences cognitives dans le domaine de la catégorisation jusque-là insoupçonnées. La quantité de démonstrations convaincantes de la compétence précoce des enfants est trop élevée pour être décrite ici en détail. Nous fixerons donc notre attention exclusivement sur les travaux portant sur les capacités de catégorisation des jeunes enfants et plus particulièrement sur les travaux réalisés à partir de matériel renvoyant à des connaissances sur des objets réels plutôt qu'à des figures géométriques², les enfants étant particulièrement sensibles à la nature abstraite ou concrète des stimuli (Younger, 1990).

La présentation de ces études nous permettra de démontrer (1) que les jeunes enfants sont précocement capables de créer des catégories regroupant différents objets du monde, (2) qu'ils sont en mesure de les différencier à un niveau plus ou moins général (chien versus chat mais aussi à un niveau supérieur animaux versus artefacts) (3) et que dès leur plus jeune âge, il est possible d'observer des modes d'organisation des connaissances différents pour le domaine des animaux et pour celui des artefacts.

La procédure d'habituation est une des techniques classiquement utilisées afin de tester les capacités de catégorisation chez les jeunes enfants. Il s'agit de les placer devant un écran sur lequel est présenté successivement une série de dessins. Au cours de cette première phase, une mesure des temps de fixation de chacun des items et parfois du rythme de suctions est effectuée (une tétine reliée à un capteur de pression mesure la force et le nombre de succion par unité de temps). Ces mesures permettent d'évaluer le niveau d'intérêt de l'enfant : une diminution progressive des temps de fixation et de l'activité de succion non nutritive signifie une habituation de l'enfant aux stimuli. Dans la deuxième phase de l'expérience, sans qu'il y ait modification du rythme de

² De nombreuses études ont en effet porté sur les capacités de catégorisation chez les jeunes enfants à partir de matériel géométrique tels que Bomba et Siqueland (1983), Slater (1989), Lécuyer (1991)... Ces travaux permettent d'évaluer les capacités des jeunes enfants pour extraire des traits prototypiques.

présentation, un nouveau dessin variant sur une dimension par rapport aux autres est présenté. Une augmentation des temps de fixation et de l'activité de succion traduit un regain d'intérêt et révèle la sensibilité de l'enfant à la dimension manipulée entre les dessins de la phase d'habituation et celui de la phase test. Une variante de cette méthode consiste à présenter à l'enfant des dessins par paires après la phase d'habituation. Au cours de la phase test, un dessin partageant les mêmes caractéristiques que ceux ayant provoqué l'habituation est alors présenté simultanément avec un dessin d'une autre catégorie. La préférence visuelle entre les deux dessins est alors évaluée. À la différence des épreuves de classification utilisées dans les études piagésiennes, celles-ci ne nécessitent pas l'intervention du langage puisque aucune consigne n'est donnée à l'enfant et ces méthodes peuvent être proposées à des enfants très jeunes.

Ainsi, les travaux menés avec ce paradigme ont permis de démontrer que les enfants âgés de 5 à 9 mois ont une représentation mentale de différentes espèces animales. Après avoir observé une déshabituement des enfants au cours de la présentation de dessins représentant une même espèce, tous ces auteurs ont observé un regain d'intérêt à la présentation d'autres espèces animales (Colombo O'Brien, Mitchell, Roberts & Horowitz, 1987 ; Roberts, 1988 ; Quinn, Eimas & Rosenkrantz, 1993). Eimas et Quinn (1994) ont démontré que les enfants plus jeunes (dès 3 mois) étaient également sensibles à cette organisation. À cet âge, ils sont en effet capables de différencier les catégories des chevaux, des girafes, des zèbres et des chats. Les enfants de cet âge sont également capables de distinguer des espèces animales qui sont perceptivement proches, telles que celles des chiens et des chats par exemple (Quinn & Eimas, 1996)³.

Les travaux de Behl-Chadha (1996) confirment cette capacité à différencier différentes espèces animales plus ou moins semblables au niveau perceptif, et montrent que les enfants sont également en mesure de créer ces catégories pour le domaine des artefacts. En effet, des enfants de 3 mois construisent une représentation de la catégorie des chaises, celle-ci excluant les lits, les divans et les tables.

Mais les jeunes enfants sont également capables de construire des catégories plus générales. Par exemple, Bauer et Mandler (1989) montrent que des enfants de 19, 25 et 31 mois distinguent les animaux des artefacts. Cette capacité à construire des concepts dont la maîtrise est caractéristique des enfants plus âgés a été testée par une méthode de choix forcé. On présente à l'enfant un premier dessin puis deux autres et il a pour consigne de choisir parmi les deux derniers dessins présentés celui qui va le mieux avec le premier. Ces expérimentateurs ont proposé deux conditions expérimentales (que nous nommerons A et B) faisant intervenir des catégories plus ou moins générales pour le domaine des animaux comme pour celui des artefacts. Par exemple, dans la condition A et pour le domaine des artefacts, un premier dessin de brosse à dents était présenté puis l'enfant avait le choix de l'associer soit avec une autre brosse à dents, soit avec un tube de dentifrice. Dans la condition B et toujours pour le même domaine, un dessin représentant une chaise était présenté puis le choix était proposé entre une table et une personne. Un des résultats majeurs de cette expérience est que les enfants préfèrent réunir des objets d'après les liens catégoriels plutôt que d'après les liens thématiques, et

³ La question de l'apport des indices visuels sera développée ultérieurement (partie II.1. de ce chapitre)

ceci est vrai pour toutes les classes d'âge. Cependant, cette étude a permis de souligner qu'ils sont tout de même sensibles au niveau d'abstraction de cette catégorie. Les enfants réalisaient, en effet, une plus grande proportion d'associations catégorielles dans la condition A que dans la condition B (où la catégorie est plus abstraite), et ce quel que soit leur âge. En effet, pour la condition A, les enfants de 19 mois réalisent 85 % d'associations catégorielles, les enfants de 25 mois en font 94 %, ceux de 31 mois 97 % alors que pour la condition B, ces classes d'âge n'obtiennent respectivement que 91.81 et 93 %.

En revanche, concernant la question de la construction de connaissances à des niveaux intermédiaires, Roberts et Cuff (1989) ont révélé l'incapacité des enfants du même âge à opérer des groupements catégoriels tels que mammifères ou oiseaux. Après une période d'habituation provoquée par la présentation de photographies de mammifères, les enfants réagissent en effet à la présentation de moyens de transport mais pas à celle d'oiseaux. Cependant, à l'inverse, Behl-Chadha (1996) rapporte cette capacité chez des enfants très jeunes : dès 3 mois, les enfants parviendraient à catégoriser des mammifères, en excluant évidemment les exemplaires de la catégorie des meubles mais aussi ceux d'autres catégories d'animaux telles que les oiseaux ou les poissons.

Ainsi, dès 3 mois, les enfants sont en mesure d'organiser les objets du monde qui les entoure en catégories correspondant à des niveaux d'abstraction plus ou moins élevés. Même si la capacité des enfants à construire des représentations aux niveaux intermédiaires n'est pas reconnue par tous, l'idée est communément admise que les enfants possèdent ce que nous dénommerons des concepts de base (*kind concepts*) et des concepts de domaine (*domain concepts*) (Boyer, Bedoin & Honoré, 2000). Les concepts de base sont contenus au niveau de catégorisation pour lequel la similarité visuelle entre les catégories est minimale alors que la similarité à l'intérieur des classes est maximale⁴. C'est par exemple le niveau des catégories chats, chiens, téléphones, tables... Alors que le niveau des concepts de domaine correspond au niveau supérieur, avec des catégories plus abstraites telles que le domaine des animaux, des artefacts, des personnes... Néanmoins, la capacité d'opérer des traitements catégoriels à des niveaux différents chez des enfants très jeunes ne permet pas, à elle seule, d'affirmer qu'elles sont déjà représentées en tant que niveaux emboîtés dans une organisation taxonomique, comme c'est le cas chez les adultes.

Dans les paragraphes suivants, nous proposons de nous pencher sur trois principaux moteurs intervenant dans le développement des connaissances conceptuelles : les indices visuels, les modes de construction théoriques et le langage. Ces trois aspects semblant concourir de façon particulièrement efficace à la construction et à l'organisation de ces connaissances en mémoire.

II. LES MOTEURS DU DÉVELOPPEMENT CONCEPTUEL

⁴ Cette distinction, rejoignant l'idée de connaissances du niveau de base proposée par la théorie prototypique sera développée dans la partie II.1.2. de ce chapitre.

II.1. Les indices perceptifs

II.1.1. Construction des connaissances de niveau de base

D'un point de vue physiologique, les capacités de détection visuelle sont remarquables chez les très jeunes enfants (Vital-Durand, 1998). La sensibilité au contraste, aux couleurs, aux mouvements, à l'orientation ainsi que l'étendue du champ visuel sont suffisamment développés pour que l'enfant puisse percevoir dès les premiers mois les objets du monde qui l'entourent. Par exemple, si l'on considère la sensibilité au contraste, bien qu'un enfant de 5 semaines ait des capacités très inférieures à celles des adultes (les enfants de cet âge ne perçoivent pas les contrastes inférieurs à 20 %), celles-ci lui permettent tout de même de détecter la plupart des objets de notre environnement car ils présentent un contraste supérieur à cette limite.

Selon la théorie prototypique développée par Rosch et collaborateurs (Rosch, 1975 ; Rosch, Mervis, Gray, Johnson & Boyes-Braem, 1976) ce serait ces capacités perceptives qui permettraient la constitution des catégories relevant du niveau de base. Plus précisément, la *similarité* visuelle entre certains objets du monde serait le principe fondateur de la formation des catégories relevant de ce niveau. Les catégories du niveau de base, seraient en effet constituées d'exemplaires partageant le plus de traits perceptifs communs. Ainsi, les différents exemplaires d'une catégorie relevant d'un tel niveau seraient liés par un "air de famille" et l'identification d'un objet comme appartenant à une catégorie de ce niveau permettrait à l'enfant de déterminer quels aspects auront les autres membres de cette catégorie.

Les travaux conduits par Gelman et Coley (1991) ont confirmé l'utilisation du degré de similarité par les enfants de 2 ans pour déterminer l'appartenance d'un objet à une catégorie. En effet, dans une tâche au cours de laquelle les enfants devaient procéder à des inférences de propriétés, ces auteurs ont démontré que l'acceptation d'un objet dans une catégorie était sous-tendue par la similarité visuelle existante entre cet objet et ceux d'une catégorie donnée. Dans ces expériences, le dessin d'un oiseau était présenté à l'enfant et une propriété lui était associée. Ensuite, l'enfant était invité à choisir parmi deux autres dessins d'oiseaux celui qui partageait, selon lui, cette propriété (bien sûr absente du dessin), les auteurs manipulant la force du lien entre le prototype et ces dessins. Les résultats montrent que les enfants ont plus de facilité à étendre ces propriétés lorsque les oiseaux sont proches du prototype (76 % des associations) que lorsqu'ils en sont éloignés (42 % des associations, cette proportion n'étant pas différente de ce qu'aurait permis le hasard (ou niveau de chance)).

On peut noter que ces catégories de niveau de base ne seraient pas immédiatement semblables à celles des adultes et leur élaboration définitive serait réalisée en deux étapes, chacune étant largement basée sur la perception visuelle (Mervis, 1987). Au cours de la première étape, les enfants opéreraient un regroupement entre tous les objets du monde présentant des apparences semblables et pouvant être utilisés pour accomplir des fonctions similaires (par exemple pour former la catégorie de base "balle", les enfants mettraient ensemble tout ce qui roule : des ballons, des balles mais aussi des bougies

rondes par exemple). Puis, lorsqu'ils parviennent à détecter sur ces objets certains attributs perceptifs leur conférant un autre rôle fonctionnel particulier, ils opéreraient alors un remaniement de leurs catégories pour parvenir ainsi à une organisation de catégories de base proche de celles des adultes. En accord avec cette interprétation, Banigan et Mervis (1988) ont montré que les enfants de deux ans peuvent passer de leurs catégories de base aux catégories de base des adultes si un expérimentateur leur signale les attributs perceptifs subtils et s'il explique l'importance fonctionnelle de ces attributs. Ainsi, le passage entre ces catégories de base de l'enfant et celles des adultes serait permis en saisissant le rôle de traits perceptivement insignifiants mais fonctionnellement importants des objets (Tversky & Hemenway, 1984).

II.1.2. Organisation des connaissances à l'intérieur des catégories de base

La perception visuelle jouerait également un rôle fondamental dans la mise en place de l'organisation des exemplaires appartenant à une catégorie de niveau de base.

Chaque catégorie relevant du niveau de base donnerait lieu à la création d'un exemplaire prototypique en mémoire qui servirait ensuite de principe organisateur pour cette catégorie. Ce prototype ne correspondrait pas forcément à un exemplaire réel, mais serait construit par l'assemblage des traits (ou propriétés) les plus représentatifs de cette catégorie. Plus précisément, ce prototype rassemblerait les propriétés possédant le plus fort taux de validité (définition personnelle de la notion de *cue validity*) rendant ainsi l'objet plus fortement représentatif de sa catégorie tout en le différenciant des autres catégories. Ce taux serait calculé par la division de la fréquence de l'attribut associé à la catégorie d'appartenance de l'objet considéré par la fréquence totale de cet attribut pour toutes les catégories de même niveau. Ainsi, ce taux de validité augmente si beaucoup de membres de la catégorie d'appartenance de l'objet le possèdent et si peu de membres des autres catégories le vérifient⁵. L'organisation des connaissances à l'intérieur de chacune des catégories de niveau de base serait alors régie par la distance séparant chacun des exemplaires à ce prototype.

Bomba et Siqueland (1983) ont montré que les enfants, dès 3 mois, opéraient selon ce principe : en extrayant des informations visuelles à partir de formes géométriques présentées visuellement, ils parviennent à créer un prototype. Au cours de la phase d'habituation, ces auteurs font percevoir aux enfants une grande variété de configurations de formes (ensemble de points) créées à partir de la transformation aléatoire d'une forme prototypique (un triangle équilatéral). Pendant la phase initiale, les enfants voient seulement les formes dérivées du prototype sans jamais voir le prototype. Pourtant, quand dans une deuxième phase, on leur montre simultanément le prototype et une autre forme complètement nouvelle, les enfants procèdent comme s'ils avaient déjà vu le prototype : ils préfèrent regarder la nouvelle forme. Slater et Morison (1987, décrit dans

⁵ Nous pouvons signaler ici que dans les travaux que nous avons réalisés auprès des populations d'adultes, qui sont présentés dans les deux chapitres suivants, nous avons préféré appliquer la notion de spécificité, développée par Bedoin (1992) permettant de prendre en compte plus rigoureusement la répartition intra- et extra-catégorielle de ces attributs plutôt que la formule proposée par Medin et Schaffer (1978) (pour une comparaison rigoureuse des deux méthodes, voir Devinck (1999)). Nous argumenterons ce choix dans le Chapitre 2.

Slater, 1989) obtiennent des résultats équivalents avec des enfants du même âge (3 et 5 mois) et du matériel plus complexe mais toujours abstrait (formes géométriques).

Le rôle des traits visuels dans l'extraction d'indices servant à construire un prototype a également été démontré avec du matériel expérimental moins abstrait. Younger et collaborateurs (Younger & Cohen, 1983 ; Younger, 1985, 1993) ont en effet montré que les enfants, dès l'âge de 10 mois, sont en mesure de construire un prototype à partir de la présentation de dessins d'animaux construits avec des formes géométriques et variant sur 3 dimensions telles que la longueur du cou, des pattes ou de la queue, en moyennant ces variations. Mais l'utilisation de matériel plus ou moins abstrait produit un effet sur la précocité de l'apparition des capacités des jeunes enfants : l'utilisation d'assemblages de formes représentant des animaux plutôt que de simples formes non identifiables produit un décalage de quelques mois dans la capacité de former des prototypes. Les enfants semblent donc particulièrement sensibles à la nature plus ou moins abstraite du matériel utilisé (Younger, 1990). Quoi qu'il en soit, les aspects perceptifs sont également pris en compte dans la catégorisation produite par les enfants même lorsque le matériel est plus écologique.

II.1.3. Différenciation entre les catégories

Mandler et collaborateurs (Mandler, Bauer & McDonough, 1991 ; Mandler & McDonough, 1993) ont mis en évidence une corrélation entre la capacité de prise en compte d'indices perceptifs de plus en plus subtils et les performances des jeunes enfants dans les épreuves de catégorisation. Dans leur étude de 1993, Mandler et McDonough ont testé des enfants de 7, 9, et 11 mois et ont montré que seule la discrimination visuelle entre les catégories présentant un degré de similarité très faible était possible pour eux. Mais, ces capacités se développeraient avec l'âge. Mandler, Bauer et McDonough (1991) sont parvenus à démontrer la relation existant entre la capacité des enfants à détecter des indices visuels de plus en plus subtils et la réussite dans ces épreuves de catégorisation. Dans leurs études, les capacités de distinction catégorielle d'enfants de 19, 24 et 31 mois étaient testées à trois niveaux de complexité : en opposant les catégories des chiens et des chevaux (similarité visuelle élevée), les catégories des chiens et des lapins (similarité visuelle moyenne) et celles des chiens et des poissons (similarité visuelle faible). Les résultats montrent que les enfants les plus jeunes (19 mois) réussissent uniquement à effectuer les différenciations entre les catégories présentant la plus faible similarité visuelle (chiens versus poissons) alors que les enfants de 24 et 31 mois sont en mesure d'opérer des distinctions plus fines (chiens versus lapins). Il faut attendre 31 mois pour que la distinction entre des catégories partageant un fort taux de similarité (chiens versus chevaux) soit effective.

Mais, au-delà de cet affinement progressif des capacités de détection d'indices visuels, une évolution passant par des changements plus radicaux semble nécessaire. Les indices visuels devront en effet être dépassés par les enfants pour pouvoir former des catégories plus générales.

Pour Nelson (1985) le raisonnement à partir de *schémas* permettrait aux enfants de développer cette capacité à dépasser les indices perceptifs. Dans des tâches de

catégorisation où les enfants sont invités à former des catégories avec différents objets, les schémas permettent l'assemblage d'objets rencontrés en même temps dans des situations particulières (par exemple : un train, des rails et une valise pour le schéma de la gare). Les relations entre les objets dans le schéma thématique ne sont donc plus relatives à la similarité visuelle, mais relèvent de liens spatio-temporels familiers, Nelson parle "de schémas événementiels". Le raisonnement basé sur les *scripts* (qui sont des schémas particuliers) favoriserait le développement de catégories sémantiques, notamment lorsqu'un élément du script se substitue à un autre sans pour autant changer la nature du script. Ceci permettrait à l'enfant de comprendre que plusieurs objets distincts (même visuellement dissemblables) peuvent jouer le même rôle dans ce script. Le script du petit déjeuner est un exemple classique. Si un enfant prend tous les jours, pour son petit-déjeuner, un bol de chocolat et une banane et qu'un jour la banane est remplacée par une pomme, l'enfant pourra concevoir plus aisément l'appartenance catégorielle identique de ces deux objets pourtant dissemblables au point de vue des aspects visuels.

Ainsi, les indices visuels semblent être particulièrement importants pour la *construction* et *l'organisation* des connaissances sémantiques en mémoire chez les jeunes enfants. L'ensemble des études que nous avons présentées montre en effet que, très jeunes, les enfants sont capables d'extraire des indices visuels pour construire des prototypes, qu'ils sont particulièrement sensibles à la distance séparant les exemplaires de ce prototype, que les indices perceptifs sont utilisés pour différencier les catégories les unes des autres...

II.1.4. Controverses sur le caractère linéaire et unidirectionnel du développement de catégories de niveaux hiérarchiques différents

Selon la théorie prototypique, la similarité visuelle faciliterait préférentiellement la formation des catégories de base. Par conséquent, la construction des connaissances au niveau de base serait antérieure à la mise en place des connaissances relevant du domaine et en serait même la base constituante puisque ce serait l'accumulation d'exemplaires au niveau de base qui permettrait à l'enfant de créer les concepts au niveau supérieur par généralisation. Le principe d'élaboration des catégories les plus larges par généralisation impliquerait donc l'expérience d'un grand nombre d'exemplaires. Or, Mandler et collaborateurs (Mandler & Bauer, 1988 ; Mandler, Bauer & McDonough, 1991 ; Mandler & McDonough, 1993 ; Mandler, 2000) défendent l'idée inverse. Ils présentent en effet des données qui mettent en évidence le fait que certaines connaissances relevant du niveau de domaine préexistent à celles relevant du niveau de base. Ils postulent que les connaissances de domaine seraient même le moteur de la formation des connaissances de niveau de base.

Concernant la question de l'antériorité des connaissances de niveau de domaine par rapport aux connaissances de base, ces auteurs se réfèrent à des études qu'ils ont conduites pour montrer qu'entre 9 et 24 mois, les enfants, à un âge donné, échouent dans les tâches où ils sont invités à différencier des items relevant de catégories de niveau de base différentes (par exemple des chevaux et des chiens) alors qu'ils réussissent l'expérience dans le cas où des catégories de domaine sont impliquées (par exemple des véhicules et des animaux). D'autres travaux, comme ceux conduits par Carey (1985,

1988) confirment le fait que des enfants possèdent très précocement des connaissances à propos des catégories de domaine. Au cours de ces expériences, il est possible d'observer que des propriétés, même si elles sont non familières, sont généralisées en respectant les frontières des domaines : les enfants les étendent préférentiellement aux exemplaires appartenant aux mêmes catégories. Une autre manière de tester l'existence de connaissances à propos des domaines et non pas simplement à propos d'exemplaires particuliers est d'étudier comment les enfants procèdent pour attribuer des propriétés à des animaux non familiers (Carey, 1988 ; Gelman, 1988 ; Gelman & Markman, 1986 ; Gelman, Coley & Gottfried, 1994). Pour ces items, les enfants ne possèdent pas de connaissances particulières et ne peuvent donc répondre aux questions de l'expérimentateur qu'en se basant sur des connaissances relevant du domaine de cet objet. C'est d'ailleurs sur ce principe que se basent les expériences que nous avons conduites auprès des enfants.

Il semble donc pertinent de penser que la construction et la structuration des connaissances sémantiques chez les enfants résultent d'interactions permanentes entre les connaissances de niveau de base et celles relevant du niveau du domaine. Nous avons vu que, pour la théorie prototypique, l'accumulation des exemplaires au niveau de base contribuerait à la création des connaissances de domaine. Les indices visuels joueraient un rôle fondamental dans ce processus. Dans le paragraphe suivant, nous allons présenter des travaux montrant que des connaissances de domaine peuvent également "nourrir" les connaissances du niveau de base et que des indices différents des traits visuels guident cet échange. En effet, nous allons voir que les enfants sont très précocement en mesure d'utiliser des connaissances théoriques spécifiques à des domaines particuliers pour raisonner à propos du niveau de base. Ces connaissances théoriques ne sont pas forcément explicites et sont plutôt à concevoir comme des principes d'inférence qui guident l'acquisition de connaissances sur des modes spécifiques à chaque domaine. Ces connaissances sont ce que l'on nomme "théories naïves".

Un des objectifs de nos travaux est d'ailleurs de mesurer plus particulièrement la part de ces connaissances de niveau de domaine et de niveau de base. Nous tenterons d'évaluer la précocité du niveau de domaine ainsi que l'évolution de ses "échanges" avec les niveaux moins abstraits au cours du développement des enfants.

II.2. Les modes de construction théoriques

Par un exemple très simple rapporté par Carey (1985), il est possible de se rendre compte que la croyance en l'appartenance d'un objet à une catégorie n'est pas exclusivement régie par la prise en compte d'indices visuels et le calcul de degrés de similarité : d'autres sources plus "théoriques" mais néanmoins robustes interviennent. Dans ses travaux princeps, Carey présentait à des enfants entre 4 et 10 ans un singe en peluche ressemblant de façon très étonnante à un singe réel. Pourtant, malgré cette ressemblance et les insistances de l'expérimentatrice, aucun des enfants n'a admis que cet animal pouvait manger, se reproduire ou respirer.

Quinn et Eimas (1996) sont également parvenus à démontrer de façon

particulièrement fine que la construction des connaissances au niveau de base n'était pas guidée seulement par des indices visuels. En effet, lorsque ces auteurs comparent différentes conditions d'habituation pour lesquelles le type d'informations visuelles varie, ils démontrent que la forme globale n'est pas la seule information visuelle permettant la différenciation entre les espèces animales des chiens et celle des chats. Ces expériences proposent de comparer trois conditions d'habituation : pour un premier groupe d'enfants, le processus d'habituation est réalisé à partir de la présentation de photographies de chiens ou de chats ; pour un autre groupe d'enfants, seul le corps de l'animal est présenté et pour un dernier groupe, seule la tête de l'animal est présente, les parties manquantes étant cachées (ainsi les proportions étaient respectées). Ces comparaisons révèlent que les enfants parviennent à différencier les deux espèces animales à partir de la forme globale des photographies des animaux, mais également à partir des seules informations visuelles provenant de la tête. Au cours de travaux complémentaires (Expériences 7 et 8), ces auteurs parviennent à préciser que ce n'est pas seulement le contour de la tête de l'animal qui est critique mais que les informations visuelles internes (telles que les yeux, le museau...) servent à réaliser cette distinction. Ces distinctions, à partir de différents types d'indices visuels, peuvent être réalisées par des enfants de 3 mois ; ces résultats ne peuvent donc pas être expliqués uniquement par un effet de sensibilité à des indices visuels subtils, comme l'avaient proposé Mandler, Bauer et McDonough (1991). Les auteurs invoquent alors, en accord avec le modèle proposé par Morton et Johnson (1991, cité par Quinn et Eimas, 1996 et développé dans Quinn, Eimas et Tarr, 2001), l'intervention de modules qui guideraient les principes d'extraction des traits visuels pertinents. Ces principes théoriques permettraient ainsi de traiter d'une façon spécifique et particulièrement précise les informations visuelles provenant des visages des êtres vivants⁶.

L'idée de l'intervention d'autres processus que la similarité perceptive dans la construction des connaissances catégorielles a également été soulignée par Gentner et Namy (1999). Elles sont parvenues à démontrer que des enfants de 4 ans sont en mesure d'extraire des similitudes conceptuelles ou structurales qui ne sont pas perceptives si on leur offre la possibilité de multiplier les observations d'exemplaires appartenant à une catégorie. Ces auteurs ont comparé les performances obtenues par les enfants dans deux conditions expérimentales distinctes. Dans la première condition "sans comparaison", l'expérimentateur présentait à l'enfant un premier objet familier (par exemple : un vélo) en le dénommant par un terme non familier ("*blicket*") ; puis, l'enfant avait pour consigne de choisir un autre *blicket* parmi deux autres dessins familiers. Le premier dessin ressemblait perceptivement au premier, mais n'appartenait pas à la même catégorie (par exemple : une paire de lunettes) alors que le deuxième dessin appartenait à la même catégorie mais ne lui ressemblait pas (par exemple : un tricycle). Dans la deuxième condition expérimentale "avec comparaison", l'expérimentateur présentait à l'enfant quatre dessins qu'il dénommait tour à tour comme des *blickets* puis l'enfant était invité à trouver un autre *blicket* parmi les deux dessins présentés précédemment. Les résultats obtenus dans la condition "sans comparaison" révèlent que les enfants opèrent

⁶ Ces modules seraient au nombre de deux : le module CONSPEC servirait à alerter l'enfant de la présence de visage dans son champs de vision et le module CONLERN l'informerait de la présence d'un visage connu.

un choix comparable à ce qu'aurait permis le hasard et dans la condition "avec comparaison", ils préfèrent opérer un choix catégoriel. Ces deux résultats montrent donc bien que la similarité perceptive n'est pas la seule dimension qui détermine l'appartenance catégorielle d'un objet. Ainsi, dans cette épreuve, la présentation de plusieurs d'exemplaires (dans une expérience complémentaire, les auteurs démontreront que deux suffisent) permet à l'enfant de dépasser ce qu'il est possible de qualifier de "piège perceptif" et de construire une représentation catégorielle abstraite, non régie par les seuls indices perceptifs.

Cette observation rejoint la théorie proposée par Prasada (2000) pour qui la présentation d'un seul exemplaire peut permettre l'élaboration de connaissances relevant du niveau de domaine. Ces connaissances ne seraient donc pas nécessairement le résultat d'une moyenne effectuée après la rencontre avec de nombreux exemples. Comme alternative à un tel calcul statistique, Prasada propose que la prise en compte et la stabilisation mnésique de certaines propriétés soient dirigées par un système formel. Ce système correspondrait à une faculté de sens commun nous conduisant à analyser tout objet selon deux dimensions primordiales : la *matière* (ce dont l'objet est constitué, le fait que la table soit dure serait par exemple attribué à sa matière) et la *structure* (la combinaison des parties de l'objet qui en définit la forme). Au-delà de cette première analyse en deux composantes, ce système formel guiderait notre perception et notre compréhension du monde par la prise en compte de deux autres aspects : *l'agent* (responsable de la production de l'objet) et son *utilité* (la raison d'être de l'objet tel qu'il est).

Il serait possible de rendre compte des distinctions entre les grands domaines de connaissances sur la simple base de ce système formel. La prise en compte des deux premières composantes (la matière et la structure) serait générale, alors que l'intérêt porté aux deux autres (l'agent et l'utilité) permettrait de véritablement catégoriser l'objet comme relevant d'un domaine particulier.

La prise en compte des deux dernières dimensions suffirait donc pour établir l'appartenance catégorielle de chacun des objets du monde.

Tout d'abord, par définition, la structure d'un objet n'étant pas la conséquence directe de sa matière, la prise en compte de l'agent (extérieur à l'objet et responsable de sa production) est essentielle pour rendre compte de sa forme. Or, selon que cet agent appartient (ou non) à la même catégorie de l'objet, celui-ci relève du domaine des êtres vivants ou de celui des artefacts (s'il n'y a pas d'agent particulier, la catégorie de l'objet relève du domaine des phénomènes naturels comme les montagnes).

Ensuite se poserait la question du "pourquoi" de cette (re)production. Les domaines seraient également distinguables par rapport à cette dimension. En effet, l'objet est composé d'autant d'éléments qui constituent ses attributs, la présence de chacun trouvant sa justification dans son utilité (pour les artefacts) et dans son respect du principe d'hérédité et d'essentialisme (pour les êtres vivants). Ainsi, le système formel dont disposerait l'enfant dès son plus jeune âge conduirait à analyser les objets selon des dimensions qui, inmanquablement, le conduisent à appliquer une catégorisation en domaines de connaissances. Ces connaissances relatives au domaine guideraient ensuite l'acquisition de connaissances plus spécifiques à des objets de niveau de base.

Sans remettre totalement en cause l'importance de la similarité visuelle dans la distinction entre les différentes catégories, les études présentées suggèrent déjà que d'autres sources d'organisation des connaissances interviendraient dans la mise en place et dans l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire. Nous avons évoqué les relations thématiques, mais aussi des principes d'organisation plus généraux guidant l'extraction spécifique de types de traits en fonction des domaines. Ce dernier point nous amène à considérer alors l'existence de "théories" guidant les traitements catégoriels réalisés par les enfants.

II.2.1. De la théorie "théorie" chez l'adulte au développement spécifique des domaines chez l'enfant

Les connaissances que nous possédons à propos des objets du monde qui nous entoure ne sont pas uniquement issues d'apprentissage explicite. Il est assez facile de mettre en évidence l'existence de connaissances que nous pouvons qualifier d'"intuitives" lorsque nous nous trouvons dans certaines situations particulières. Par exemple, si nous observons une personne lâcher un objet, nous nous attendons logiquement à ce que cet objet tombe sur le sol et nous ne pouvons concevoir qu'il reste en lévitation. Cette attente provient de connaissances physiques (ici sur la gravité) que nous possédons, celles-ci étant sans doute non explicites pour la plupart des non-experts mais activées de façon pertinente et efficace dans cette situation particulière. De même, si nous nous trouvons en présence d'un chat, nous avons déjà des certitudes sur ses capacités et ce, sans forcément avoir vu les comportements effectifs : on sait par exemple que cet animal est en mesure de miauler, qu'il a une bonne acuité visuelle dans le noir... Ces inférences sont rendues possibles en raison du fait que nous savons que ces propriétés sont habituellement associées à cette espèce animale (Osherson, Smith, Wilkie, Lopez & Shafir, 1990). Mais nous possédons également des connaissances intuitives pour les concepts relevant du niveau de domaine : si nous sommes en présence d'un animal, et même si l'espèce nous est inconnue, nous savons que cet animal possède la capacité de respirer mais nous ne pourrions pas nous résoudre à croire qu'il rouille s'il reste sous la pluie. Toujours dans le même ordre d'idée, nous admettons que les êtres humains ont des émotions, alors que nous ne pouvons raisonnablement l'admettre pour les objets manufacturés.

Cette idée que nous ayons des attentes dans des situations particulières a été développée par Medin et ses collaborateurs (Murphy & Medin, 1985 ; Medin, 1989) à travers la théorie "théorie". Ces auteurs considèrent les concepts en termes de représentations articulées autour d'une *théorie* et non plus en termes de regroupement d'un ensemble de traits ou de propriétés, comme cela était défendu par la théorie prototypique. La théorie "théorie" postule que ces connaissances de haut niveau (appelées "connaissances théoriques") orienteraient nos comportements dans toutes les situations, que celles-ci soit familières ou non. Par exemple, la perception visuelle que nous avons des objets du monde serait guidée par ces principes théoriques (Wisniewski & Medin, 1994). Mais ces principes pourraient également régir des raisonnements plus fins : ainsi, face à un problème biologique, les adultes ont souvent tendance à justifier l'apparition d'un événement en invoquant les causes l'ayant produit plutôt que les

conséquences probables de cet événement. Pour illustrer ceci, Ahn, Gelman, Amsterlaw, Hohenstein et Kalish (2000) rapportent la tendance que nous avons à catégoriser une maladie en se référant aux virus qui l'ont causée plutôt qu'en se basant sur les symptômes qui en résultent, ou bien le fait que nous considérons l'ADN comme le trait le plus important pour classer les plantes et les animaux car il détermine tous les autres (couleur, structure...). Ce principe théorique qui se manifeste par notre préférence à rechercher en premier lieu la cause d'un effet plutôt que ses conséquences, n'est pas le seul fait de situations "écologiques" puisque Ahn et collaborateurs (Ahn, 1998 ; Ahn, Kim, Lassaline & Dennis, 2000) ont montré cette tendance dans des situations impliquant des objets non familiers.

Ces connaissances théoriques seraient radicalement différentes d'un domaine de connaissance à l'autre. Elles seraient structurées en un ensemble de principes inter-reliés par des "*relations causales*" (c'est-à-dire que face à un nouvel objet, si un principe est vérifié, il implique inéluctablement l'application des autres principes inhérents à cette catégorie sans qu'une nouvelle vérification soit nécessaire). Autrement dit, la vérification d'un seul principe théorique face à un nouvel objet serait la clé pour déterminer l'appartenance catégorielle de cet objet et permettrait également de récupérer tous les autres principes rattachés à cet objet. Ces connaissances théoriques permettent donc la réalisation d'inférences et de généralisations fondamentales. C'est pourquoi, depuis les dernières décennies et encore actuellement, de très nombreuses études dans le domaine de la psychologie du développement se réalisent autour de ce thème des connaissances théoriques. Les principes théoriques sont actuellement considérés comme la base constituante de l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire chez les enfants. Le caractère fondateur de ces théories transparaît d'ailleurs à travers des termes utilisés pour les désigner : "principes squelettiques" (*skeletal principles*, Gelman, 1990), mais aussi "modes de construction" (*modes of construals*, Keil, 1986, 1994) ou encore "théories fondatrices" (*foundation theories*, Wellman & Gelman, 1992).

Les objectifs des travaux menés chez les enfants ont donc plusieurs objectifs. Il s'agit de savoir si les connaissances théoriques guidant le raisonnement des adultes sont les mêmes que celles présentes chez les enfants, de préciser la nature des procédés rendant possible l'émergence de ces connaissances théoriques, de mieux connaître le contenu et l'influence de ces connaissances... Dans les paragraphes suivants, nous aborderons la nature supposée de ces connaissances, les conséquences qu'elles ont sur la différenciation catégorielle entre le domaine des animaux et celui des artefacts et sur l'émergence de ces connaissances.

II.2.2. Les connaissances naïves des jeunes enfants : domaine de la physique, de la biologie et de la psychologie

Concernant la nature de ces connaissances théoriques, pour Wellman et Gelman (1992), les jeunes enfants posséderaient des intuitions basées sur des principes théoriques dans trois domaines : la physique, la biologie et la psychologie. Dans le paragraphe suivant, nous présenterons plus en détail les travaux concernant les connaissances intuitives relevant du domaine biologique et psychologique, les expérimentations que nous avons conduites durant notre thèse portant plus particulièrement sur l'émergence des capacités

relevant de ces deux domaines.

Une méthode classiquement utilisée pour tester si les enfants possèdent ces connaissances théoriques consiste à présenter de manière visuelle (films vidéo) des situations respectant les attentes logiques et d'insérer, après habitude, une situation impossible, c'est-à-dire violant ces principes théoriques. Si cette situation provoque une augmentation des temps de fixation ou une accélération du rythme de succion, on peut considérer que l'enfant a eu conscience de la violation des attentes et donc, qu'il possède ce principe théorique.

Baillargeon, grâce à cette méthode, a mis en évidence que les enfants très jeunes avaient des attentes dans des situations de traitement spatial (ou physique intuitive). Par exemple, les enfants de 5 mois et demi sont surpris lorsqu'un objet d'une certaine hauteur passant derrière un décor en carton percé d'une fenêtre (à travers laquelle on devrait le voir) n'apparaît pas (Baillargeon & Graber, 1987). Cette attente serait même déjà présente à 3 mois et demi selon Baillargeon et De Vos (1991). Toujours avec cette méthode, les recherches conduites par Leslie et Keeble (1987) ou Massey et Gelman (1988) ont montré que les jeunes enfants présentaient également des attentes dans des situations de contact entre des objets. Dans ces situations, un objet statique est percuté par un autre objet. Lors du choc, l'objet percuté se déplace, conformément aux règles logiques de la physique. Dans les situations impossibles, l'objet qui est initialement statique se met à bouger avant que le contact ne se soit produit. Les résultats montrent que les enfants réagissent à ces situations impossibles dans 78 % des cas à 3 ans et dans 90 % des cas à 4 ans et que la réaction des enfants est différente selon la nature des objets (êtres vivants ou objets manufacturés) impliqués dans la scène visuelle. Ce résultat montre qu'il s'agit d'effets spécifiques aux domaines et ils attestent l'existence de ces domaines au sein des connaissances sémantiques des enfants. Ces résultats sont conformes à ceux de Spelke, Phillips et Woodward (1995). Dans leurs expériences, la situation impossible était tolérée par les enfants de 7 mois lorsque les films présentés faisaient intervenir des personnages mais pas si des artefacts étaient mis en situation. Les enfants ont donc conscience que seuls les êtres vivants possèdent la capacité de se déplacer volontairement (*human agency*). Legerstee (1991) a également souligné cette distinction entre êtres vivants et artefacts à partir de ses travaux sur l'imitation : dès 7 mois, les enfants imitent les actions d'un personnage de dessin animé mais pas celles effectuées par des objets inanimés, et ce, même si les gestes sont les mêmes.

Les enfants semblent donc disposer très précocement de connaissances sur les caractéristiques (ou propriétés) différenciant les mouvements des êtres vivants de ceux des artefacts. Nous avons vu à travers la présentation de ces exemples que la capacité de se mouvoir intentionnellement est admise comme une propriété valable uniquement pour les êtres vivants. Les travaux de Bertenthal, Proffitt, Spetner et Thomas (1985) permettent de préciser que les connaissances à propos des mouvements des êtres vivants ne se résument pas à la notion d'agentivité mais que les enfants possèdent également des connaissances à propos des contraintes physiques induites par notre corps. Les auteurs, inspirés des travaux de Johansson (1973), ont présenté aux enfants des films vidéos mettant en scène des individus réalisant différentes actions motrices (telles que marcher, courir, sauter...). Ces mouvements étaient réalisés dans le noir, seuls

les points d'articulations (chevilles, genoux...) indiqués par des pastilles fluorescentes, étaient visibles. Après une phase d'habituation avec ces films, d'autres films présentant des tâches lumineuses semblables, mobiles, mais ne respectant pas la logique des mouvements humains étaient présentées. Les résultats de ces études ont montré que dès 5 mois, les enfants étaient surpris par la présentation de ces séquences.

Les enfants semblent donc disposer très précocement de connaissances particulières à propos du mouvement des objets, ces connaissances leur permettant d'avoir des attentes particulières à propos d'un objet selon qu'il relève du domaine des animaux ou du domaine des artefacts. Dans le paragraphe suivant, nous présentons d'autres travaux montrant que les enfants possèdent d'autres types de connaissances intuitives, que l'on peut également nommer connaissances naïves ou théoriques, à propos de la structure interne des objets, de leur croissance, des règles de transmission génétique... L'ensemble de ces connaissances contribue à différencier le domaine des animaux et celui des objets manufacturés.

II.3. Principes pour distinguer deux domaines de connaissance : Animal / Artefact

II.3.1. La structure interne des objets

Les travaux conduits par Simons et Keil (1995) ont montré d'une façon particulièrement originale les différences d'attentes à propos de la structure interne des objets selon qu'ils relèvent du domaine des animaux ou des artefacts. Ces travaux, conduits auprès d'enfants de 3 ans à 5 ans, consistaient à leur présenter un jouet en peluche (Fredy l'alligator) comme arrivant d'une autre planète et possédant la capacité de voir à l'intérieur des animaux et des objets. Des dessins d'animaux et d'artefacts, dans lesquels la structure interne (soit des boulons, soit des intestins) était visible, étaient alors présentés aux enfants qui avaient pour consigne d'aider Fredy l'alligator à repérer les incohérences parmi ces dessins (par exemple lorsque des boulons étaient disposés à l'intérieur de dessins d'animaux). Le résultat de ces travaux faisait apparaître une amélioration des performances avec l'âge et un taux de bonnes réponses toujours supérieur à ce qu'aurait permis d'obtenir le hasard.

Dans une autre expérience de cette étude, les enfants étaient invités à choisir la matière qui se trouve, selon eux, à l'intérieur des animaux et des artefacts à partir du contenu de trois jarres placées devant eux : la première contenant des boulons, la deuxième étant remplie de boyaux et la troisième contenant une préparation mixte. Les résultats de cette expérience ont confirmé le fait que les enfants ont conscience de la différence entre ces deux domaines mais la maîtrise totale de cette différenciation ne serait pas encore totalement effective pour les plus jeunes. Alors qu'ils ne commettent plus d'erreurs pour les artefacts, ils choisissent encore parfois le mélange mixte pour désigner l'intérieur des animaux. Les auteurs ont conclu que les enfants n'ont pas réellement d'idée précise sur la structure interne des animaux mais qu'ils savent de manière théorique que ce n'est pas la même composition que celle des artefacts. Ceci a été confirmé par les expériences menées par Gelman et Meck (rapporté dans Gelman,

1990). En posant des questions à propos de ce qu'il y a à l'intérieur des objets animés (personne, éléphant, chien...) et inanimés (caillou, poupée, balle...) à des enfants entre 3 et 5 ans, il apparaît une différence dans leurs propos entre ce que contiennent les artefacts et les êtres vivants, mais les enfants sont souvent très évasifs sur la nature précise du contenu. Ainsi, il semble pertinent de penser que ces théories à propos de la structure interne des artefacts se construisent indépendamment des connaissances relatives aux animaux et non pas par simple opposition logique car, si tel était le cas, les connaissances relatives aux artefacts seraient diamétralement opposées à celles pour les animaux.

En revanche, si les enfants sont imprécis quant à la nature effective de l'intérieur des animaux et des artefacts, ils possèdent tout de même des intuitions quant à l'organisation de ce contenu (Keil, 1994). En effet, lorsque les expérimentateurs présentent aux enfants des dessins qui représentent la vue au microscope de la structure interne des objets, les enfants attribuent plus volontiers les dessins qui présentent une organisation régulière aux plantes vertes alors que les dessins présentant des structures non organisées sont plutôt attribués aux cailloux.

Gelman et Wellman (1991) ont mis en évidence que ces connaissances théoriques sur la composition et la structuration interne des objets n'étaient pas liées aux informations visuelles. Dans ces expériences, trois objets partageant soit une même apparence, soit une même composition interne étaient proposés (exemple pour la condition impliquant des artefacts : orange, citron et balle orange). Après avoir regardé le premier dessin, les enfants devaient désigner celui qui, parmi les deux autres, "avait la même chose à l'intérieur" et, dans une autre condition expérimentale, "lequel des deux lui ressemblait le plus". Dès l'âge de 3 ans, les réponses des enfants diffèrent du hasard (58 % de bonnes réponses) et, là encore, les performances augmentent avec l'âge (73 % de bonnes réponses pour les enfants de 4 ans). L'analyse des résultats montre que les enfants produisent autant de bonnes réponses aux questions portant sur la structure interne qu'à celles portant sur la ressemblance. Ceci montre que les enfants sont capables de raisonner à partir de la structure interne indépendamment de la ressemblance perceptive.

II.3.2. La notion de croissance

Rosengren, Gelman, Kalish et McCormick (1991) se sont quant à eux particulièrement intéressés aux connaissances théoriques que les enfants entre 3 et 5 ans possèdent à propos de la croissance des êtres vivants. Après la présentation initiale d'un premier dessin, l'expérimentateur proposait à l'enfant de choisir, parmi deux dessins représentant ce même objet, la meilleure représentation de cet objet dans quelques années. Parmi les différentes conditions expérimentales, la notion de croissance était manipulée par la variation de la taille des deux objets entre lesquels l'enfant devait opérer son choix. Dans la première condition, l'enfant avait le choix entre un dessin représentant cet objet à la même taille et un dessin de cet objet mais de plus grande taille ; dans la deuxième condition, l'enfant devait effectuer son choix entre un dessin de cet objet présenté à la même taille et un dessin de cet objet plus petit. Pour la moitié des essais, les questions portaient sur des animaux (si la notion de croissance est assimilée, l'enfant devrait choisir

dans la première condition les items de plus grande taille et dans la deuxième, les items de même taille) ; pour l'autre moitié, elles portaient sur des artefacts (dans les deux conditions, l'enfant devrait choisir les objets de même taille).

Là encore, les résultats montrent un taux de réponses correctes corrélé à l'âge des enfants, les plus âgés ayant de meilleures performances. Les résultats font également apparaître une différence de performances entre les deux domaines pour les enfants les plus jeunes : les enfants réussissent mieux l'épreuve lorsque des animaux sont impliqués plutôt que lorsqu'il s'agit d'artefacts (respectivement 83.5 % de bonnes réponses contre 64 %). Plus précisément, les résultats montrent également que, pour les 3/4 ans, la première condition expérimentale est particulièrement difficile lorsqu'elle concerne les artefacts : les enfants obtiennent des résultats proches du hasard, ils semblent étendre aux artefacts une propriété propre aux êtres vivants : la croissance. On peut noter, là encore, que les connaissances théoriques ne se construisent pas par une simple opposition entre catégories : connaître une information à propos des artefacts n'implique pas son contraire pour le domaine des animaux.

En utilisant la même méthode, Inagaki et Hatano (1996) sont parvenus à confirmer ces résultats et ont permis de montrer que des enfants entre 4 et 5 ans appliquaient cette notion de croissance à des animaux mais aussi à des plantes vertes, toujours à l'exclusion des artefacts. Ces auteurs ont manipulé la notion de croissance en modifiant la taille des objets présentés comme l'avaient fait Rosengren et al. (1991) mais également à partir de la modification d'aspects perceptifs autres que la taille (par exemple le chiot est présenté ensuite par le dessin d'un chien adulte ou bien le bourgeon a donné une plante).

II.3.3. Les principes de l'hérédité

Au cours des premiers travaux portant sur la question des connaissances théoriques possédées par les jeunes enfants, Keil (1986) a avancé qu'ils possédaient un principe fondamental leur permettant de différencier les objets naturels des artefacts : les objets vivants auraient une essence qui leur permettrait de garder leur identité malgré des modifications diverses, alors que les objets fabriqués perdraient leur identité après transformations.

Keil (1989) a testé cette hypothèse en opérant des changements physiques sur des animaux et sur des artefacts. Ces transformations physiques (par exemple dessiner des rayures sur un cheval) conduisent à remettre en cause l'identité de l'objet pour les enfants les plus jeunes (avant 7 ans). Cependant, cet auteur a souligné que malgré cette erreur, ces enfants ne peuvent pas admettre qu'un objet vivant puisse devenir non vivant par simple transformation (coller des piquants sur l'animal ne le transforme pas en plante (cactus)). Le changement d'identité n'admet donc pas le changement de domaine.

Une série d'expériences réalisée par Gelman et Wellman (1991) était consacrée à cette question de composantes génétiques permettant de différencier les êtres vivants des artefacts. En posant des questions à propos de ce qu'il pouvait advenir dans le cas d'adoption d'animaux par des espèces différentes, les auteurs ont mis en évidence que les enfants les plus jeunes possédaient des principes incomplets : ils pensaient que l'allure physique resterait la même en cas d'adoption mais que quelques propriétés

pourraient se modifier avec le temps. Les travaux conduits par Inagaki et Hatano (1993) ont précisé ce résultat en montrant que les enfants, dès 4 ans, font la différence entre des propriétés telle que "pouvoir courir plus vite" qui sont des capacités sensibles aux changements environnementaux (ici l'entraînement) et d'autres telles que la couleur des yeux qui sont des propriétés héritées et immuables.

Les enfants semblent donc connaître des notions pourtant complexes telles que le mouvement, la composition interne des objets, la croissance ou bien encore disposer de connaissances à propos de l'hérédité. Mais, comme nous l'avons vu, ces connaissances théoriques sont incomplètes et ceci conduit les enfants les plus jeunes à commettre des erreurs d'appréciation. Cependant, ces erreurs semblent respecter les "frontières catégorielles". Ainsi, les jeunes enfants pensent qu'une transformation physique d'un animal peut le faire changer d'espèce animale mais il n'accepte pas, au même âge, que cet animal puisse devenir une plante verte. Ceci rejoint les observations que nous avons effectuées au cours de précédents travaux (Honoré, 1999 ; Honoré, Boyer & Bedoin, 1999) basés sur le paradigme du *distinctiveness effect*, et visant à évaluer les effets de violations de frontières catégorielles sur les performances mnésiques de sujets adultes. Dans le cas où les énoncés étranges respectaient les limites catégorielles (par exemple "**il y a un homme qui mange du papier**") est un énoncé non familier mais l'action est compatible avec la catégorie des êtres vivants), la mémorisation était facilitée par rapport à un énoncé "banal" (par exemple : "**il y a un homme qui porte un manteau**") alors que cette facilitation, classiquement observée dans un cas d'étrangeté (Schmidt, 1996) n'était pas observable dans le cas où les énoncés proposés ne respectaient pas ces limites catégorielles ("**il y a un homme qui voit à travers le métal**"). Ainsi, l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire semble particulièrement basée sur une distinction entre les connaissances relevant du monde vivant versus non vivant.

II.4. Émergence des connaissances théoriques

Le mode de construction de ces connaissances théoriques est encore mal compris. Pour Wisniewski et Medin (1994), elles se constitueraient par la réunion de principes scientifiques, de stéréotypes et d'informations issues des expériences passées. Pour Prasada (2000), elles ne seraient pas le résultat d'une moyenne statistique effectuée à partir d'exemplaires, mais seraient issues de l'application de principes formels relatifs à la matière, à la structure, à l'agent ayant créé l'objet et à son utilité. Le moment de l'apparition de ces connaissances théoriques n'est également pas un point consensuel.

Quelques-unes des études présentées précédemment mettent en évidence que certaines connaissances intuitives sont présentes chez des enfants parfois très jeunes (quelques mois de vie). Pour certains auteurs, ces connaissances seraient déjà en place à la naissance. Cette notion de connaissances théoriques innées a été proposée par Spelke (1994) qui considère que les enfants possèderaient dès la naissance un module de connaissances physiques qui s'affinerait par le biais de l'expérience⁷ et qui serait la

⁷ On peut noter que dans un article publié en 2000, Gelman rétablit clairement la distinction entre ces connaissances initiales (*core specific domain*) qui proviennent des modules innés (*innate skeletal structure*) et qui sont donc partagés universellement ; et les connaissances acquises (*noncore-specific domain*) qui sont issues de l'expérience.

base de l'élaboration des connaissances biologiques et psychologiques sur des modes différents. Pour Carey (1985, 1988), les enfants posséderaient deux modules innés : le module physique et le module psychologique. Le module psychologique serait la base fondatrice de toutes les connaissances biologiques. Selon cet auteur, les enfants ne feraient pas de différence entre les domaines biologiques et psychologiques : elles resteraient indifférenciées jusqu'à 10 ans. Ainsi, pour cet auteur, les connaissances des enfants seraient radicalement différentes de celles des adultes et, à 10 ans, un changement conceptuel radical interviendrait. Cette théorie du changement radical peut être résumée par les trois points suivants : (1) les conceptions des enfants sur les choses vivantes seraient basées sur l'observation du comportement des objets, (2) ces connaissances biologiques issues des observations seraient transmises et justifiées de la même manière que les propriétés psychologiques (exemple : "l'animal respire car il en a envie"), (3) les enfants ne posséderaient pas de principes explicatifs ni de théories propres au domaine biologique (par exemple, ils posséderaient pas de théories naïve à propos de l'hérédité).

Mais cette théorie du changement conceptuel radical développée par Carey ne fait pas l'unanimité et cette conception a été discutée principalement sur trois aspects : l'universalité du raisonnement égocentrique, l'existence de théories spécifiques à la biologie et le raisonnement à propos des animaux et des plantes.

Tout d'abord, contrairement à l'idée défendue par Carey selon laquelle les connaissances biologiques des enfants sont liées à des inférences réalisées à partir de connaissances qu'ils possèdent à propos de la psychologie des êtres humains (notion de *personification analogy*, Inagaki et Sugiyama, 1988), deux arguments ont été avancés. Gelman et Kremer (1991) ont montré que les enfants ont conscience, dès 4 ans, de l'existence de causes naturelles différentes selon le domaine dont les objets relèvent, même si leur comportement est semblable. Par exemple, les enfants de cet âge reconnaissent que des objets tels qu'une balle, un kangourou et un humain peuvent tous les trois sauter mais selon eux, ce n'est pas pour les mêmes raisons qu'ils y parviennent. Un autre argument permettant de réfuter le fait que les enfants opèrent de façon égocentrique quand il s'agit d'appliquer des propriétés consiste à montrer que ceci est largement dû au fait que les enfants testés par Carey avaient peu de contact avec la nature. Cet effet serait donc principalement le fait d'une influence du contexte et non pas un principe universel. Inagaki (1990) montre par exemple que les enfants vivant parmi des gens élevant des poissons rouges raisonnent à propos d'un nouvel animal aquatique par analogie avec le poisson rouge et non par analogie avec l'humain. Coley, Medin et James (1999) ont également démontré le fait que l'égocentrisme n'était pas universel à travers l'étude du raisonnement des enfants Menominee, une tribu d'Indiens du Wisconsin. Dans leur culture, les humains sont conçus comme faisant partie intégrante de la nature, mais au même titre et sur le même plan que les autres créatures, les connaissances à propos des plantes et des animaux étant de surcroît très présentes. Les inférences de propriétés de ces enfants sont alors effectuées en fonction de ressemblances entre les espèces et non pas en étendant systématiquement et de façon privilégiée les caractéristiques humaines au reste des êtres vivants.

Un deuxième point de discussion concerne le fait que les enfants possèdent des

connaissances spécifiques au monde biologique. Nous avons d'ores et déjà présenté des expériences mettant en évidence que les enfants utilisaient des principes à propos de l'hérédité (partie II.3.3. de ce chapitre). Ces observations peuvent être complétées par les travaux de Keil (1994), Hatano et Inagaki (1994, 1999) et Miller et Bartsch (1997) qui ont montré que deux principes biologiques distincts, complexes et organisés, seraient spécifiquement utilisés par les enfants pour traiter les connaissances relatives à la biologie : la *téléologie* et le *vitalisme*. Le premier principe peut se résumer par le fait que les enfants savent que les propriétés ont des buts pour les êtres vivants : elles ont des raisons d'être, elles apportent une solution à des problèmes. Le deuxième correspond au fait que les enfants savent que les choses vivantes puisent une énergie vitale dans l'environnement et l'utiliseraient pour grandir et fonctionner correctement.

Pour Carey, les connaissances sémantiques à propos de la biologie ne seraient pas acquises selon des principes propres à ce domaine, mais selon les mêmes principes que pour le domaine de la psychologie, c'est-à-dire à partir de l'observation de conduites. S'il en est ainsi, il peut être prédit que les plantes (dénudées de comportement) ne peuvent pas être considérées par les enfants comme relevant d'une grande catégorie des êtres vivants rassemblant aussi les animaux. Aussi, les connaissances sur les animaux et sur les plantes devraient être organisées de façon radicalement différente et distincte. Or, différents auteurs ont démontré le contraire. Par exemple, Backscheider, Shatz et Gelman (1993) ont montré que les enfants de 4 ans disposent déjà de connaissances communes aux deux familles d'objets : par exemple, ils savent que les plantes et les animaux, contrairement aux êtres humains et aux artefacts, peuvent avoir des parties qui guérissent ou repoussent après avoir été coupées. Hickling et Gelman (1995) soulignent que les enfants de cet âge comprennent la similitude entre la croissance des plantes et celle des animaux. Ceci a également été rapporté par Inagaki et Hatano (1996) à travers l'étude que nous avons présentée dans la partie I.3.2. de ce chapitre.

Ces trois points de discussion aboutissent à des conclusions un peu plus conformes à un amendement proposée par Carey à sa théorie du changement conceptuel (Carey, 1988). L'âge à partir duquel une biologie intuitive autonome émergerait chez l'enfant a été décalé et placé à 7 ans. L'objectif de notre troisième expérience (Expérience 3) réalisée auprès d'enfants de 4 à 7 ans consistera à démontrer, de manière originale, que les enfants ont pourtant la capacité de raisonner différemment à partir de connaissances biologiques et psychologiques, de façon plus précoce.

II.5. Les indices verbaux

À partir de 18 mois, les compétences langagières des enfants se développent d'une façon particulièrement étonnante ; les enfants apprenant, en moyenne, 10 nouveaux mots par jour selon une évaluation effectuée par Carey (1978, cité par McGregor, Friedman, Reilly et Newman, 2002). Pour illustrer cette explosion du langage, nous pouvons rapporter une évaluation faite par Nazzi et Gopnik (2001) pour les besoins de leurs travaux, à propos du stock du vocabulaire d'enfants de 16 et 20 mois : à 16 mois les enfants disposent d'un vocabulaire de 25 mots en moyenne et, en 4 mois, ce stock passe à 141 mots⁸.

À travers les productions verbales des enfants, il est assez facile de voir transparaître

un lien entre le langage et l'organisation des connaissances. Les erreurs commises par les enfants au cours de dénomination d'objets sont en effet particulièrement informatives (Dapretto & Bjork, 2000 ; Gershkoff-Stowe, 2002). Par exemple, des erreurs de type sur-extensions (par exemple, l'enfant dénomme par le terme "chien" tous les animaux à 4 pattes) ou sous-extensions (par exemple, le terme "bouteille" est exclusivement associé aux bouteilles en verre) témoignent d'une sensibilité à l'organisation hiérarchique des connaissances sémantiques en mémoire (McGregor et al., 2002).

La relation entre le langage et les capacités de catégorisation des jeunes enfants a fait l'objet de nombreuses études, celles-ci cherchant, par exemple, à évaluer la précocité de l'apparition de cette relation, à étudier son caractère plus ou moins unidirectionnel, ou bien encore à quantifier plus précisément l'influence de l'une de ces dimensions sur l'autre. Notre thèse n'a pas pour objectif d'approfondir ces questions, mais étudier l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire chez les jeunes enfants implique de faire le point sur ces aspects. Car, conformément à l'idée développée par Cordier et Labrell (2000) :

“ Il paraît impossible de conférer à la dénomination un statut de propriété analogue à celui des propriétés perceptives, structurales ou fonctionnelles de l'objet. Le langage est un moteur de la catégorisation [...]. (Cordier & Labrell, 2000, p. 110).

Ainsi, nous présenterons seulement quelques travaux majeurs permettant de nous éclairer sur la relation existant entre langage et catégorisation.

Souvent, le langage est présenté comme un élément facilitant les performances des enfants dans des épreuves de catégorisation. Les travaux de Gelman et Markman (1986, 1987) font partie des premières études ayant démontré ce rôle facilitateur du langage chez des enfants de 3 et 4 ans. En utilisant une tâche d'induction plaçant les enfants dans une situation au cours de laquelle ils peuvent réaliser une inférence soit sur la base de leurs connaissances catégorielles soit sur la base des indices perceptifs⁹, ces auteurs ont mis en évidence que les inférences catégorielles étaient largement favorisées si l'expérimentateur dénommait la catégorie des dessins. Une partie des travaux réalisés par Gelman et Coley (1991) démontre cet effet facilitateur du langage dans des épreuves de catégorisation chez des enfants de 24 mois. En effet, alors que les performances des enfants sont comparables à ce qu'aurait permis le hasard (42 %) lorsqu'il s'agit de transférer des propriétés entre deux exemplaires ayant un très faible taux de similarité, ils sont 69 % à réaliser ces inférences lorsque l'expérimentateur dénomme la catégorie d'appartenance de ces dessins. Cet effet du langage a également été relevé chez des enfants ayant un niveau de langage très faible (entre 16 et 20 mois) (Gopnik & Sobel, 2000 ; Nazzi & Gopnik, 2001). On peut préciser que cette préférence d'inférence catégorielle ne provient pas du signifiant mais bel et bien du signifié. Gelman et Markman (1986) ont en effet vérifié que ce résultat ne s'expliquait pas par la simple répétition du

⁸ Cette évaluation a été réalisée avec le questionnaire CDI (Communicative Development Inventory) auprès des parents des 48 enfants ayant participé à leurs études.

⁹ C'est sur ce principe d'expérience (induction) que se base notre Expérience 3.

nom de l'objet (qui ajoute un indice supplémentaire). Pour cela, dans leur tâche d'induction, elles ont pris le soin de dénommer les deux objets appartenant à la même catégorie par des synonymes (par exemple : "rabbit" et "bunny"). Elles obtiennent toujours une plus grande majorité d'inférences guidées par l'appartenance catégorielle (63 % des cas contre 68 % dans une condition où le nom reliant les deux objets de la même catégorie est identique).

Cette dernière remarque nous amène à présenter les travaux conduits par Sandra Waxman et collaborateurs qui se sont particulièrement intéressés à la précocité de l'apport du langage sur les compétences de catégorisation. Pour ces auteurs, les mots seraient **"une invitation à former des catégories"** et ce, bien avant que les enfants maîtrisent eux-mêmes le langage. Au cours de leurs travaux de 1995, Waxman et Markow ont en effet démontré que cette influence serait déjà effective chez des enfants entre 12 et 13 mois. Après une phase d'habituation consistant en la présentation d'une série de dessins appartenant à une catégorie animale, les auteurs observent un regain d'intérêt de la part de l'enfant lorsqu'un dessin d'une autre espèce animale est proposé. Comme nous l'avons vu, cette préférence est classique ; elle témoigne du fait que les enfants ont construit une représentation distincte de ces deux espèces animales. Mais les auteurs ont remarqué que les enfants placés dans la condition expérimentale "avec nom", pour lesquels une dénomination a été systématiquement associée à la présentation de chaque dessin, sont encore plus sensibles à cette différenciation que les enfants placés en condition "sans nom". Ainsi, il semble que l'utilisation des noms des objets ait confirmé aux enfants l'appartenance catégorielle de ces objets. En 1997, les travaux conduits par Balaban et Waxman parviennent à démontrer que cette influence peut être observée encore plus tôt, dès 9 mois. Là encore, les enfants placés en condition "avec nom" semblent plus particulièrement sensibles aux différenciations catégorielles ; les auteurs démontrent que la cause de cet effet est bien à rechercher dans une signification du langage (et plus particulièrement des noms) plutôt que dans une attention plus marquée grâce à une stimulation auditive. En effet, lorsque les auteurs, dans leur troisième expérience, utilisent des mots "brouillés" en plus des condition "mot" et "non mot", elles obtiennent, pour ces mots brouillés, des résultats supérieurs à ceux obtenus dans la condition non verbale (sans stimulation auditive) mais inférieurs à ce qui est obtenu en condition mot.

Il semble possible de mettre en évidence des règles dans cette relation entre le langage et l'organisation des connaissances conceptuelles. Une des contraintes induites par le langage a notamment été relevée par Soja, Carey et Spelke (1992). Lorsqu'un adulte utilise un nom commun pour désigner un objet inconnu, les enfants considèrent que ce terme correspond à l'objet dans sa globalité plutôt qu'à une de ces composantes. Ceci rejoint l'idée de Waxman (1990), pour qui les traits linguistiques contraignent l'organisation des concepts en mémoire : l'utilisation d'un nom commun guiderait préférentiellement l'enfant vers une catégorisation au niveau super-ordonné (chien, chat...) alors que l'utilisation d'un adjectif conduit l'enfant vers une catégorisation au niveau subordonné (berger allemand, caniche...). Enfin, une des contraintes les plus classiquement observées est celle de l'exclusivité mutuelle. D'une façon générale, pour un enfant, un objet ne pourrait posséder qu'un seul nom, ce nom étant justifié par la différence de cet objet avec d'autres objets ou types d'objets. Les enfants n'acceptent

alors de désigner un objet par un pseudo mot que s'ils ne lui ont pas déjà attribué un nom (objet non familier) (Golinkoff, Hirsh-Pasek, Lavalée et Baduini, 1985, cité par Siegler, 2001). Toutefois, Bloom (1996, 1998, 2002) rapporte que cette règle n'est pas rigide, les enfants pouvant violer ce principe si on les y oblige.

Le langage, même s'il est souvent décrit comme facilitateur pour la construction et l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire, possède à sa base un principe qui doit être dépassé par les enfants pour accéder à l'organisation hiérarchique des objets. Ils devront, en effet, accepter progressivement que plusieurs termes puissent désigner même objet à des niveaux différents de la hiérarchie.

III. SYNTHÈSE ET PROBLÉMATIQUE

À l'issue de la présentation de ces travaux, nous pouvons conclure que les indices visuels, les modes de construction théorique ainsi que les indices verbaux favorisent l'émergence et guident la construction et l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire chez les enfants.

Mais considéré dans leur individualité, aucun de ces facteurs ne semble suffisant pour rendre compte de l'ensemble des capacités de catégorisation observables chez des enfants parfois très jeunes. L'interaction constante entre ces éléments est donc nécessaire au développement et à l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire.

Les indices perceptifs seraient le moteur du développement des connaissances de bas niveau. Sur la base de ces indices, les enfants regrouperaient des objets partageant une forte similarité perceptive. Mais cet ancrage perceptif est un obstacle au développement de catégories plus abstraites (celles-ci regroupant en effet des objets parfois très peu ressemblants). Aussi les enfants auraient la possibilité d'utiliser en parallèle des modes de construction théoriques. Ces principes abstraits, spécifiques aux différents domaines de connaissances, guideraient alors le traitement des objets. Enfin, les connaissances du niveau de base et du niveau de domaine trouveraient une source d'enrichissement à travers le développement du lexique. Cette interaction constante contribuerait à la construction de connaissances sémantiques en mémoire selon un processus spécifique aux domaines de connaissances plutôt que général.

C'est autour de cette question de développement spécifique que s'articule le travail expérimental que nous avons mené auprès des enfants. Nos expériences ont en effet pour but de mettre en évidence l'existence d'un développement conceptuel différent pour le domaine des animaux et des artefacts chez les enfants de 3 à 12 ans et d'étudier plus précisément le mode de construction et d'organisation de ces connaissances pour chacun de ces domaines. Nous cherchons en effet à savoir si les connaissances de domaine sont strictement basées sur la généralisation de connaissances que les enfants ont acquises à partir des niveaux inférieurs (accumulation de connaissances relatives à des exemplaires particuliers) ou bien s'il existe des principes inférentiels généraux spécifiques à la constitution de ces domaines (utilisation de connaissances théoriques).

Afin de répondre à ces questions, nous placerons les enfants dans des situations

expérimentales au cours desquelles ils seront confrontés à des objets nouveaux (non familiers) appartenant pourtant à une catégorie ontologique qu'ils connaissent (par exemple un animal imaginaire appartenant à la catégorie des oiseaux). Dans le cas où les enfants sont invités à attribuer des propriétés à ces exemplaires non familiers, ils auront alors la possibilité de le faire soit par inférence à partir du niveau de domaine, soit par l'utilisation de connaissances contenues au niveau de base, procédant alors par analogie.

Nous nous intéresserons également à l'émergence des théories naïves relatives à la biologie et à la psychologie, question pour laquelle aucun consensus n'apparaît. Comme nous l'avons vu, la théorie du changement conceptuel radical proposée par Carey (1985) défend l'idée que les connaissances théoriques psychologiques sont la base constituante des connaissances biologiques et qu'elles sont indifférenciées jusqu'à 7 ans. Nous testerons cette dernière hypothèse en plaçant les enfants dans une épreuve d'induction au cours de laquelle ils devront produire des inférences à propos d'informations "biologiques" et "psychologiques". Une différence dans la nature de ce qui guidera les inférences (ressemblance perceptive ou appartenance catégorielle) attestera l'indépendance de ces deux domaines de connaissances.

- Les hypothèses théoriques testées dans nos trois expériences sont les suivantes :
- 1/ Les connaissances sémantiques à propos des animaux et des artefacts se développent de façon dissymétrique.
- 2/ Face à un nouvel objet, les enfants sont à la fois en mesure de réaliser des analogies à partir de connaissances qu'ils savent vraies pour un objet appartenant au même niveau (niveau de base) et d'effectuer des inférences à partir de connaissances relevant de catégories plus générales et plus abstraites (niveau de domaine).
- 3/ Les connaissances relevant du monde biologique et du monde psychologique ne sont pas confondues. Les enfants sont en mesure d'opérer des traitements catégoriels différents à partir de ces deux types de connaissances.

PARTIE EXPERIMENTALE

I. Expérience 1 : choix forcé

L'Expérience 1 propose aux enfants une série de problèmes auxquels ils peuvent apporter une réponse correcte en faisant des inférences à partir de connaissances relatives au niveau de domaine des animaux et des artefacts et non pas seulement en récupérant des connaissances à propos du concept particulier (du niveau de base) qu'ils posséderaient.

Cette première expérience consiste en une tâche de choix forcé entre deux dessins : l'un représentant un animal, l'autre un objet manufacturé. L'enfant a pour consigne de

désigner le dessin qui s'accorde le mieux avec la propriété énoncée par l'expérimentateur (exemple de question : ***“lequel des deux mange quand il a faim ?”***). Il s'agit toujours d'une propriété valable pour toute (et seulement) la catégorie des animaux ou bien pour toute (et seulement) la catégorie des artefacts. La propriété n'est jamais vérifiable par un simple examen du dessin.

Afin de tester si l'enfant est capable de résoudre cette tâche en faisant appel à une connaissance stockée au niveau de domaine, nous faisons systématiquement varier la familiarité des dessins. Certains représentent des animaux ou des artefacts connus des enfants, d'autres sont des animaux ou des artefacts qu'ils ne connaissent pas. Confronté à un item non familier, l'enfant ne peut évoquer un concept propre au dessin qu'il voit ; il doit donc se rapporter à l'appartenance catégorielle de domaine de l'objet perçu pour répondre. L'utilisation d'une inférence catégorielle se traduira donc par des réponses correctes et ceci même pour les items non familiers. Pour rendre possible l'étude des différences dans les inférences catégorielles selon le domaine, les bonnes réponses désignent pour moitié l'animal et pour moitié l'artefact.

Nous faisons donc l'hypothèse que la proportion globale de réponses correctes va progressivement augmenter au cours du développement et que l'effet de la familiarité sur la réussite de cette tâche diminuera peu à peu. De plus, nous prévoyons une influence différente de la familiarité sur les performances en fonction de la catégorie étudiée.

I.1. Méthode

I.1.1. Sujets

L'Expérience 1 a été proposée à 84 enfants (43 filles et 41 garçons) répartis dans 8 classes d'âge entre 3 ans et 10 ans (18 enfants de 3 ans, 20 enfants de 4 ans, 16 enfants de 5 ans, 16 enfants de 6 ans, 7 enfants de 7 ans, 4 enfants de 8 ans et 3 enfants de 9 ans). Le choix de tester ces groupes d'âge n'est pas arbitraire : des passations ont été effectuées avec des enfants plus jeunes (5 enfants de 2.5 ans à 3 ans) et ont montré leur incapacité à comprendre les consignes. Des passations sur des enfants plus âgés (10 enfants de 10 ans à 12 ans) ont montré qu'au-delà de 10 ans, les sujets obtiennent des résultats “plafond” avoisinant les 100 % de réussite. Des passations auprès de 10 adultes (Moyenne d'âge : 23.2 ans) ont également été réalisées afin de vérifier la stabilité de cette réussite.

Les tests avec les enfants se sont déroulés dans différentes haltes-garderies, écoles maternelles, écoles primaires et centres aérés de la région Rhône-Alpes¹⁰. Toutes ces passations se sont réalisées avec l'accord préalable des parents, des directeurs des établissements et de l'inspection académique. Les passations auprès des sujets ont été réalisées à l'Université Lyon 2, auprès d'étudiants de psychologie.

I.1.2. Stimuli

Prétest pour la sélection des images — Un prétest a été réalisé afin de sélectionner

¹⁰ École communale de Grézieu la Varenne, centre scolaire Jean Moulin de Caluire, centre aéré “Le petit taillis” de Bron.

parmi un ensemble de 160 dessins principalement réalisés par nos soins et complétés par quelques stimuli proposés par Snodgrass et Vanderwart (1980), des dessins d'animaux et d'objets fabriqués familiers et non familiers pour les classes d'âge étudiées. Les dessins étaient tous tracés au trait, en noir et blanc et inscrits dans un cadre de carré de 6.5 cm de côté, le bord de chaque dessin étant situé à 2 ou 3 mm du cadre.

La tâche du prétest consistait en une épreuve de dénomination de ces 160 dessins présentés un à un par l'expérimentateur. 25 enfants de 2 ans et demi à 4 ans (5 enfants de 2,5 à 2,11 ans, 7 de 3 à 3,5 ans, 10 de 3,6 à 3,11 ans et 3 de 4 à 4,5 ans) ont réalisé l'épreuve individuellement. Au cours de ce prétest, l'expérimentateur a relevé strictement les dénominations faites par les enfants. Lors de l'analyse de ces réponses, une note pour chacune des dénominations a été attribuée : 0 pour une dénomination erronée ou une non-réponse, 1 point pour une dénomination de la catégorie globale ou pour une fonction associée correctement (exemple : pour le dessin de la paire de ciseaux : l'enfant répond "pour couper") et 2 points pour une dénomination correcte¹¹.

Les dessins dénommés de façon correcte et identique à 80 % par l'ensemble des enfants ont été considérés comme familiers. Les dessins non familiers retenus n'avaient quant à eux jamais été dénommés de façon adéquate et jamais plus de deux enfants n'avaient donné le même terme pour les dénommer. Nous avons ensuite veillé à choisir uniquement des dessins considérés comme familiers et non familiers pour les enfants les plus jeunes comme pour les enfants les plus âgés. Le Tableau 1 présente les pourcentages de dénomination correcte des 32 dessins retenus pour cette Expérience 1 (16 animaux dont 8 familiers et 8 non familiers et 16 artefacts dont 8 familiers et 8 non familiers).¹²

Tableau 1 — Pourcentage de dénomination correcte (% RC) des dessins d'animaux (AN) et d'artefacts (ART) familiers (fm) et non familiers (nf) sélectionnés pour l'Expérience 1.

AN fm	% RC	AN nf	% RC	ARTfm	% RC	ARTnf	% RC
éléphant	94	petit rhino	4	chaise	100	ancres	6
chien	98	fourmilier	2	ciseaux	98	radar	2
lapin	94	animal sauteur	6	chapeau	96	sextant	2
chat	98	caméléon	4	voiture	100	harmonica	4
singe	80	phoque	3	lit	90	masque oxy.	7
vache	82	tarti.	2	téléphone	96	sablier	2
cochon	88	animal debout	8	parapluie	90	distributeur	2
cheval	84	animal N & B	6	lampe	90	taille crayon	4
MOYENNE	89.75 %		4.37 %		95%		3.63%

¹¹ Les analyses complètes du prétest de dénomination de 160 dessins sont consultables en Annexes, page 3.

¹² L'ensemble des dessins familiers et non familiers utilisés dans cette expérience est consultable en Annexes, page 9.

Dans cette Expérience 1, les sujets voyaient 16 paires de dessins. Les deux membres du couple animal/artefact pouvaient être tous deux familiers, tous deux non familiers, ou bien seul l'animal ou seul l'artefact était familier. Ces 16 paires de dessins étaient associées à 16 questions. Dans la moitié des cas, l'expérimentateur posait une question portant sur un attribut concernant des propriétés valables pour la catégorie des animaux (exemple : "**Lequel des deux tremble quand il fait froid ?**") et dans l'autre moitié, la question portait sur un attribut valable pour la catégorie des artefacts (exemple : "**Lequel des deux a été fabriqué par des gens ?**")¹³.

L'ordre de présentation des items était contrôlé grâce à un système de contre-balancement de listes entre les sujets. Pour cela, 8 listes ont été créées, chacune correspondant à un ordre différent de présentation. Ces huit listes permettaient d'associer un même couple à des propriétés différentes à travers les listes. Concernant d'autres précautions expérimentales, nous avons fait en sorte que les bonnes réponses soient réparties de façon égale entre le dessin de gauche et celui de droite ; nous avons contrôlé l'emplacement des items familiers et non familiers et enfin nous avons veillé à ce que la position des dessins d'animaux et d'artefacts soit alternativement à droite et à gauche.

I.2. Procédure

Dans cette tâche de choix forcé, les sujets se trouvaient face à deux dessins (toujours un animal et un artefact) et une question portant sur une propriété applicable à l'un ou à l'autre domaine leur était posée. La tâche du sujet consistait alors à désigner le dessin qui lui semblait convenir par rapport à la question.

Les passations des enfants étaient individuelles, l'expérimentateur relevant manuellement les réponses. En cas de non-réponse, l'item posant difficulté était représenté en fin de passation. La jeunesse des enfants imposait parfois une pause entre les 16 questions, l'expérience durait en moyenne 10 minutes.

I.3. Résultats et discussion

L'analyse statistique (Anova) que nous avons réalisée porte sur les pourcentages de réponses correctes pour chacun des sujets selon les différentes conditions. Cette analyse de variances à mesures répétées comporte trois facteurs intra-individuels : Catégorie (animal ou artefact), Familiarité du dessin cible¹⁴ (Familier ou Non familier), et Familiarité du dessin concurrent (Familier ou Non Familier). Elle comporte également un facteur inter-individuel Age avec 7 niveaux, correspondant aux différents groupes d'âge testés : 3 ans, 4 ans, 5 ans, 6 ans, 7 ans, 8 ans, 9 ans.¹⁵

Nous avons également réalisé une deuxième série d'analyses pour chacun des

¹³ La liste des propriétés utilisées dans cette Expérience 1 est consultable en Annexes, page 2.

¹⁴ Dessin cible = dessin devant être désigné par le sujet pour qu'une bonne réponse soit comptabilisée.

¹⁵ Les tableaux généraux de ces analyses se trouvent en Annexes, de la page 4 à 8.

groupes d'âge¹⁴ afin d'étudier les différents effets que nous souhaitions observer ; la première analyse confondant des facteurs intra- et inter-individuels, ne nous l'autorisant pas. Ces analyses comportent les mêmes variables intra-individuelles que nous avons citées précédemment : Catégorie, Familiarité du dessin cible et Familiarité du dessin concurrent.

La variable Groupe d'âge a un effet global $F(7, 81) = 19.197$, $p < .01$ et permet de mettre en évidence une amélioration des performances en fonction de l'âge.

Les données montrent également un effet de **la variable Catégorie** $F(1, 81) = 25.889$, $p < .01$: les performances pour la catégorie des animaux étant 18 % supérieures à celles obtenues pour les artefacts. Dès 6 ans, les enfants produisent 100 % de réponses correctes pour l'ensemble des animaux, ce score n'est obtenu que deux ans plus tard pour les artefacts.

L'interaction significative de ces deux variables ($F(7, 81) = 7.718$, $p < .01$) permet de mettre en évidence une amélioration des performances en fonction de l'âge. La Figure 1 présente ces résultats et souligne la différence entre les performances concernant les domaines des animaux et des artefacts ainsi qu'une amélioration progressive des résultats.

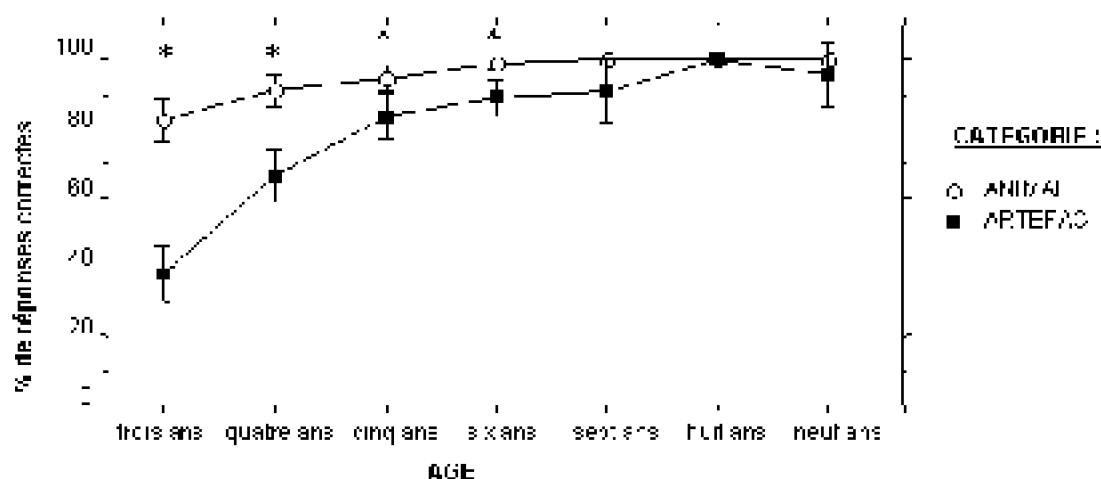


Figure 1 — Courbes des taux de réussite pour les catégories animal et artefact en fonction de l'âge des sujets testés pour l'Expérience 1 : les performances diffèrent selon la catégorie ontologique concernée et progressent au cours du développement. Le signe * signale des comparaisons de moyennes significatives à $p < .05$ entre les performances obtenues à partir des catégories animal et artefact.

L'étude des variations d'effet de la Catégorie pour chacun des groupes d'âge nous apprend que les performances sont significativement meilleures si la bonne réponse concerne un animal plutôt qu'un artefact pour le groupe des 3 ans, $F(1, 17) = 60.028$, $p < .01$, pour celui des 4 ans, $F(1, 19) = 21.583$, $p < .01$, pour les enfants de 5 ans, $F(1, 15) = 5.14$, $p < .05$, et également pour le groupe des 6 ans, $F(1, 15) = 18.778$, $p < .01$ mais cet effet de la catégorie n'est plus significatif à partir de 7 ans, $F(1, 6) = 2.885$, $p > .05$. Ces premiers résultats sont donc en faveur d'un développement et d'une maîtrise des connaissances catégorielles différentes selon le domaine étudié, ici le domaine des

animaux et des artefacts. D'après ces analyses, il semble en effet que les enfants très jeunes connaissent et maîtrisent mieux les propriétés inhérentes au domaine animal que celles relevant du domaine des artefacts. À 3 ans, les réponses des enfants concernant les artefacts sont même moins bonnes que celles qu'aurait pu permettre le hasard (38.2 %) alors qu'au même âge, ils obtiennent 82.6 % de bonnes réponses lorsque la désignation attendue est le dessin d'animal.

La familiarité du dessin cible ou celle du concurrent n'a aucun effet global pour l'ensemble des groupes d'âge (respectivement $E(1, 81) = 1.218, p > .05$ et $E(1, 81) = .796, p > .05$). Aucune de ces variables n'interagit avec la variable catégorie (pour l'interaction Familiarité du dessin cible *Catégorie $E(1, 81) = 1.133, p > .05$ et pour l'interaction Familiarité du dessin concurrent*Catégorie $E(1, 81) = .224, p > .05$). Cependant, les études complémentaires portant séparément sur chacun des groupes d'âge nous apprennent que les groupes les plus jeunes sont sensibles à la familiarité mais que cet effet diffère suivant le domaine (Animal et Artefact). En effet, l'analyse présentée sur la Figure 2 portant sur le groupe des enfants de 3 ans montre une interaction significative des variables Familiarité du dessin cible *Catégorie, $E(1, 17) = 10, p < .01$. Les enfants de cet âge produisent de meilleures réponses lorsque l'animal qu'ils doivent désigner est familier que lorsqu'il ne l'est pas ($E(1, 17) = 8.45, p < .01$) alors que cette aide de la familiarité ne se retrouve pas, au même âge, pour le domaine des artefacts ($E(1, 17) = 2.45, p > .05$). Cet effet facilitateur de la familiarité s'amenuise à 4 ans pour les animaux et disparaît à 5 ans. Pour la catégorie des artefacts, l'effet facilitateur de la familiarité apparaît seulement à 4 ans, $E(1, 19) = 4.165, p < .05$, mais cet effet n'est plus jamais significatif ensuite.

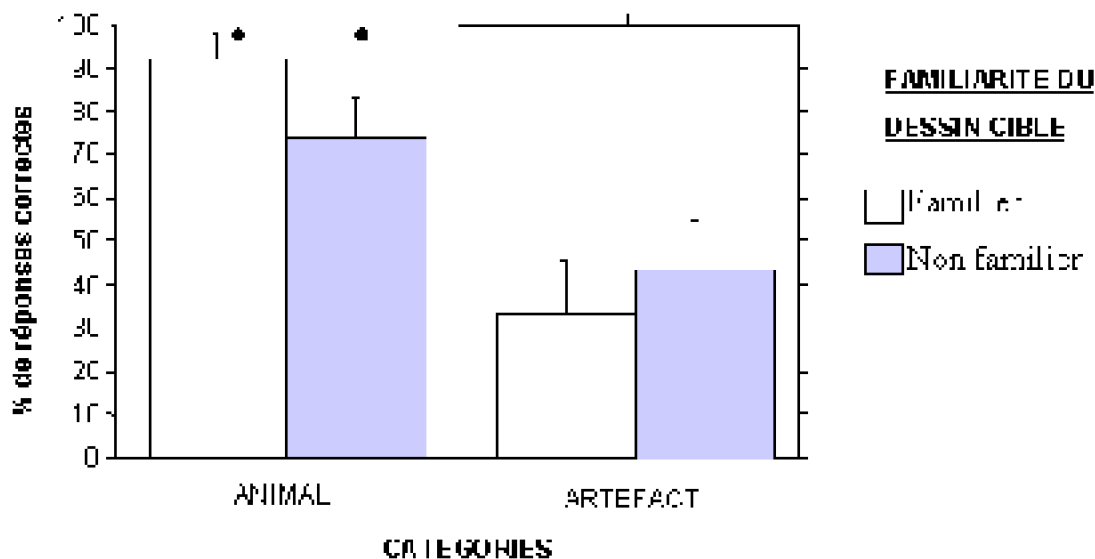


Figure 2 — Interaction Catégorie*Familiarité du dessin cible pour le groupe des 3 ans montrant un effet différent de la familiarité selon la catégorie (animal versus artefact) : la familiarité du dessin à désigner (dessin cible) a un effet facilitateur uniquement pour la catégorie des animaux. Un lien en trait plein reliant deux conditions indique une comparaison de moyennes significative à $p < .05$.

Les données de l'Expérience 1 reflètent donc la mise en place progressive des

connaissances des enfants sur les propriétés des animaux et des artefacts. Ces connaissances ne sont parfaitement utilisées que vers 7 ans, alors qu'à 3 ans les réponses semblent encore essentiellement liées au hasard, tout au moins pour les artefacts.

La Figure 1 souligne la régularité des courbes développementales suivant l'amélioration des performances de 3 ans à 8 ans. Notons que cette progression est plus nette pour les objets manufacturés que pour les animaux. En effet, pour les artefacts, les performances des enfants de 3 ans sont en dessous de celles qu'aurait permis le hasard, avec un passage rapide dès 4 ans à plus de 60 % de réussite, puis une amélioration constante des résultats. Pour les animaux, les enfants de 3 ans donnent déjà 82.6 % de réponses correctes, ce qui explique que la pente de la courbe soit moins abrupte pour ce domaine de connaissances. Cette dissymétrie observée pour l'évolution des performances dans l'un ou l'autre domaine constitue un premier argument en faveur de notre hypothèse sur un développement différent des connaissances sémantiques en mémoire selon le domaine. L'acquisition et la maîtrise des connaissances suivent en effet des décours temporels différents dans les domaines animal et artefact. Plus précisément, les enfants continuent plus longtemps à attribuer des propriétés d'artefacts à des animaux que des propriétés d'animaux à des artefacts ; les propriétés d'animaux sont plus rapidement traitées de façon adéquate par les enfants.

Par ailleurs, conformément à nos hypothèses, il apparaît que les enfants sont capables d'effectuer des inférences à partir de connaissances générales sur les catégories animal ou artefact. Nos données permettent en effet de préciser que les enfants de 3 ans n'utilisent pas encore cette procédure étant données les performances globalement médiocres pour les artefacts (pour rappel, ils obtiennent 38.2 % de bonnes réponses à cet âge) et l'effet de familiarité pour les animaux (ils sont meilleurs pour les dessins familiers que non familiers). Mais cette capacité s'établit ensuite progressivement, à des rythmes variés selon le domaine. En effet, dès l'âge de 3 ans, les enfants ont des performances globalement meilleures dans le domaine des animaux que dans celui des artefacts. De plus, à cet âge, l'effet facilitateur de la familiarité est strictement limité aux dessins d'animaux. Les enfants de 3 ans semblent donc disposer de connaissances assez spécifiques sur les concepts de base relevant de la catégorie des animaux, ce qui les aide à répondre correctement surtout pour les animaux familiers. Ils ont, en revanche, des difficultés à utiliser des inférences guidées par des connaissances du niveau de domaine, comme l'attestent leurs erreurs pour les animaux non familiers. À cet âge, le pourcentage d'erreurs très élevé pour les artefacts -familiers ou non- montre que les enfants n'utilisent pas non plus d'inférences guidées par le domaine des artefacts et qu'ils n'ont pas de connaissances suffisantes concernant les concepts de base du domaine des artefacts pour bénéficier d'un avantage dû à la familiarité des dessins. Un avantage produit par la familiarité des artefacts apparaît seulement à 4 ans, attestant un retard dans l'acquisition de connaissances sur les concepts de base des objets fabriqués. Or, dès 4 ans, cet effet de familiarité s'amenuise déjà pour les animaux et disparaît à 5 ans. C'est pourquoi, au moment où les enfants commencent tout juste à exploiter leurs connaissances sur les concepts relevant du niveau de base pour réaliser la tâche dans le domaine des artefacts, ils utilisent déjà des inférences guidées par des connaissances de

plus haut niveau (concept de domaine) pour les animaux et le font ensuite de façon croissante.

Cependant, la discussion de ces résultats semble être limitée par une difficulté d'interprétation ; cette difficulté est inhérente au type de paradigme que nous avons utilisé. Les inférences que nous observons peuvent en effet être le résultat de trois types de raisonnement, seul le dernier étant le reflet d'une inférence catégorielle de haut niveau que nous cherchions à mettre en évidence. Le premier principe de raisonnement pourrait être guidé par l'analogie. Par exemple, l'enfant accepterait qu'un item non familier puisse boire de l'eau parce qu'il trouve que celui-ci ressemble perceptivement à quelque chose qu'il connaît au niveau de base et qui possède cette propriété de boire de l'eau. Le deuxième type de raisonnement pourrait être basé sur un principe d'exclusion d'après l'item concurrent. Tout se passerait alors comme si l'enfant se servait exclusivement d'une information qu'il sait vraie pour le concurrent (par exemple, une chaise ne boit pas d'eau) et ceci le conduirait à désigner l'autre dessin. Le troisième principe de raisonnement pourrait consister en une application de connaissances du niveau supra-ordonné par généralisation vers le niveau d'entrée, inférence de haut niveau que nous souhaitons mettre en évidence. Pour ce même exemple, l'enfant accepterait que ce qu'il perçoit puisse boire de l'eau parce qu'il a compris que ce dessin représentait un animal et qu'il sait que tous les animaux peuvent boire de l'eau. Aussi, afin de rendre impossible les deux premiers modes de raisonnement que nous venons d'exposer, avons-nous réalisé une deuxième expérience (Expérience 2) qui résout ces problèmes méthodologiques grâce à un paradigme original tout en testant les mêmes hypothèses théoriques. Cette Expérience 2 nous permettra de discuter plus rigoureusement les effets de spécificité de domaine et d'approfondir les hypothèses quant aux modes de construction des connaissances sémantiques pour ces domaines animal et artefact.

II. Expérience 2 : jugement de propriété

Dans l'Expérience 2, l'enfant doit juger de la pertinence d'une propriété qui lui est proposée pour un dessin d'animal ou d'artefact. Cette fois, une seule image est présentée à l'enfant, le jugement par exclusion est donc impossible. Pour éviter le raisonnement par analogie, trois types de propriétés sont proposées. Ces propriétés peuvent être soit adéquates pour la catégorie considérée, soit impossibles (inadéquates pour la catégorie considérée), ou bien encore bizarres, c'est-à-dire non familières tout en étant possibles pour cette catégorie. Par exemple la propriété "manger du papier" est une propriété bizarre valable pour les animaux car l'événement manger est compatible avec les animaux mais ne l'est pas avec les artefacts et, surtout, aucun animal connu des enfants ne mange de cet aliment. De même, la propriété "sert à fabriquer de la lessive" est considérée comme une propriété bizarre pour les artefacts car aucune machine connue des enfants n'a cette fonction, celle-ci n'étant néanmoins pas incompatible avec la catégorie des artefacts.

Tout comme dans l'expérience précédente, les images sur lesquelles portent les propriétés sont pour moitié familières et pour l'autre moitié non familières.

Si l'enfant répond positivement dans le cas où une propriété bizarre est associée à

une image non familière, cette réponse peut être considérée comme issue d'une projection de certaines connaissances appartenant au niveau de domaine vers le niveau de base. En effet, de telles propriétés bizarres n'ayant jamais été observées par l'enfant auprès d'aucun autre objet de la même catégorie, un raisonnement par analogie entre le niveau de base d'un animal connu et l'animal non familier présenté ne peut permettre cette réponse.

Nous faisons donc l'hypothèse que dans le cas d'associations de dessins avec une propriété bizarre, nous observerons une tendance progressive de l'enfant à accepter cette propriété adéquate pour la catégorie, même pour un objet non familier. Cela attesterait une utilisation croissante d'inférences effectuées à partir de catégories de domaine. Nous attendons également une diminution progressive et régulière des refus pour les propriétés adéquates avec la catégorie. Parallèlement à ces résultats, nous faisons l'hypothèse d'une augmentation progressive des refus pour les propriétés impossibles. Dans cette condition avec propriété impossible, lorsque les dessins sont non familiers, le refus, qui est ici la réponse correcte, serait tout particulièrement interprétable comme la marque d'une inférence à partir d'une catégorie générale.

II.1. Méthode

II.1.1. Sujets

L'Expérience 2 a été proposée à un groupe de 93 enfants (48 filles et 45 garçons) de 3 ans et demi à 11 ans et à 12 adultes, différents de ceux ayant réalisé la première expérience. Les enfants sont répartis dans 8 classes d'âges : 10 enfants de 3 ans et demi, 8 de 4 ans, 18 de 5 ans, 16 de 6 ans, 16 de 7 ans, 11 de 8 ans, 9 de 9 ans et 5 entre 10 et 11 ans. Les passations se sont déroulées dans diverses haltes-garderies, écoles maternelles, écoles primaires et centres aérés de la région Rhône-Alpes.¹⁶ Toutes se sont réalisées avec l'accord préalable des parents, des directeurs des établissements et de l'inspection académique pour les passations scolaires.

Comme dans l'Expérience 1, des passations ont été réalisées avec des enfants plus jeunes (5 sujets de 3 ans à 3 ans et demi) et des sujets adultes (12 sujets). Suite à ces passations complémentaires, il a été établi que les enfants de moins de 3 ans et demi ne comprenaient pas la tâche qui leur était demandée et que les adultes produisaient le même type de réponse que les enfants de 10/11 ans. L'analyse des résultats porte donc sur les performances des enfants de 3 ans et demi à 10/11 ans.

II.1.2. Stimuli

Prétest pour la sélection des propriétés — Pour cette expérience, des propriétés bizarres ont été utilisées. Elles correspondaient à des informations relatives à des événements compatibles avec la catégorie ontologique, mais rarement -voire jamais- rencontrés. Les 25 enfants qui ont réalisé le prétest ayant servi à la sélection des dessins

¹⁶ École communale de Grézieu la Varenne, centre scolaire Jean Moulin de Caluire, centre aéré "le petit taillis" de Bron, centre aéré Garibaldi (Lyon 8^{ème}), groupe scolaire de Villefranche-sur-Saône.

dans ces expériences ont également testé la compréhension de nos prédicats. Ce prétest individuel consistait à présenter oralement une à une ces propriétés, les enfants devant juger si ces phrases étaient normales ou bizarres. Dans le cas de phrases bizarres, nous posons des questions pour nous assurer que chacun des termes utilisés était connu. À l'issue de ces prétests, nous avons établi une liste de 24 propriétés (6 adéquates pour les animaux, 6 adéquates pour les artefacts, 6 bizarres pour les animaux et 6 bizarres pour les artefacts)¹⁷.

Prétest pour la sélection des dessins — Pour cette expérience, nous avons sélectionné 24 dessins (12 familiers et 12 non familiers) répartis dans les catégories animal et artefact. Cette sélection a été effectuée à partir du prétest de dénomination présenté dans l'Expérience 1¹⁸. Certains de ces dessins sont différents de ceux que nous avons choisis pour constituer le matériel expérimental de la première expérience, ceci afin de les adapter aux différentes propriétés proposées. Le Tableau 2 présente les pourcentages de dénomination correcte pour les dessins choisis pour cette Expérience 2.

Tableau 2 — Pourcentage de dénomination correcte (% RC) des dessins d'animaux (AN) et d'artefacts (ART) familiers (fm) et non familiers (nf) sélectionnés pour l'Expérience 2. Les dessins différents de ceux utilisés dans l'Expérience 1 sont indiqués en italique.

AN fm	% RC	AN nf	% RC	ARTfm	% RC	ARTnf	% RC
vache	82	<i>blaireau</i>	6	chaise	100	masque oxy	7
singe	80	petit rhino	4	ciseaux	98	<i>taille</i>	2
éléphant	94	fourmilier	2	lampe	90	radar	2
chien	98	anim.sauteur	6	<i>casseroles</i>	95	<i>sextant</i>	2
lapin	94	caméléon	4	voiture	100	harmonica	4
chat	98	singe debout	6	montre	80	<i>sablier</i>	2

Les propriétés bizarres, adéquates et impossibles ont été combinées à ces dessins familiers et non familiers. Ainsi, 12 combinaisons ont été obtenues.

II.2. Procédure

Dans cette Expérience 2, un seul dessin était présenté à l'enfant qui devait dire si la propriété énoncée lui paraissait possible ou impossible pour ce dessin. Il était invité à réaliser cette tâche 72 fois de suite. Ce nombre peut paraître excessif pour un enfant, mais il s'est avéré que les enfants ont tous trouvé cette tâche attrayante et qu'aucun n'a voulu cesser l'expérimentation en cours. Cependant, un effet de fatigue ou de désinvestissement de l'enfant étant possible pour les stimuli en fin de liste, nous avons pris soin de faire varier l'ordre de passation des items d'un enfant à l'autre grâce à la méthode du carré latin, afin que cet effet ne s'applique pas toujours aux mêmes stimuli.

¹⁷ Ces propriétés sont consultables en page 16 des Annexes.

¹⁸ Les dessins familiers et non familiers utilisés dans cette expérience sont consultables en page 15 des Annexes.

Les réponses des sujets étaient relevées manuellement par l'expérimentateur, les items n'obtenant pas de réponse étaient présentés à nouveau en fin d'expérience.

II.3. Résultats et discussion

Une analyse de variances à mesures répétées (Anova) a été réalisée sur les taux de refus des sujets¹⁹. Cette analyse comporte trois variables intra-individuelles : Catégorie (animal ou artefact), Familiarité (dessin familier ou non familier) et Propriété (adéquate, étrange, ou impossible) et une variable inter-individuelle Groupe d'âge comportant 9 Niveaux : 3 ans et demi, 4 ans, 5 ans, 6 ans, 7 ans, 8 ans, 9 ans, 10/11 ans et adultes. Dans l'interprétation des résultats de cette analyse, la variable dépendante (taux de refus) devra être considérée différemment selon le type de propriété : le refus est une réponse incorrecte pour les propriétés adéquates et bizarres mais correcte pour les propriétés impossibles. Nous avons également réalisé une série d'analyses Anova pour chacun des groupes d'âge¹⁸. Ces analyses comportent les mêmes facteurs intra-individuels que ceux précédemment cités.

D'un point de vue méthodologique, l'Expérience 2 permet de pallier efficacement les limites inhérentes au paradigme utilisé pour l'Expérience 1. En effet, la présentation d'une seule image et l'utilisation de phrases aux contenus bizarres permettent d'éviter les raisonnements par analogie et par exclusion qui étaient rendus possibles par la technique du choix forcé.

II.3.1. Principaux résultats : description

Ces analyses confirment les résultats obtenus dans la première expérience puisqu'un effet significatif de la variable **Catégorie** apparaît, $F(1, 96) = 195.82$, $p < .01$: les performances obtenues à partir des dessins d'animaux diffèrent significativement de celles obtenues à partir des dessins d'artefacts. La variable Catégorie interagit avec la familiarité $F(1, 96) = 11.68$, $p < .01$ et avec la propriété $F(2, 192) = 63.45$, $p < .01$. Ceci permet de mettre en évidence un effet différent des variables Familiarité et Propriété selon qu'il s'agisse du domaine des animaux ou de celui des artefacts et conforte l'idée d'un développement spécifique des connaissances sémantiques dans chacun de ces domaines.

La variable Familiarité a un effet significatif $F(1, 96) = 39.38$, $p < .01$, avec un taux de refus plus élevé pour les images familières que pour les non-familières.

La variable Propriété a un effet significatif ($F(2, 192) = 1030.99$, $p < .01$). Le facteur **Age** a également un effet significatif sur les performances $F(8, 96) = 2.25$, $p < .05$. Il témoigne d'une évolution des résultats au cours du développement.

La prise en compte de **l'interaction significative de ces deux dernières variables, Propriété*Age** $F(16, 192) = 8.07$, $p < .01$, paraît particulièrement pertinente pour décrire cette évolution. La Figure 3 présente cette interaction et illustre le fait que l'amélioration progressive des performances se matérialise différemment selon le type de propriété proposé. Aussi, nous présenterons de façon distincte, au cours des paragraphes suivants,

¹⁹ Les tableaux complets de ces analyses Anova en Annexes, de la page 10 à 14.

les résultats correspondant aux propriétés adéquates, ceux correspondant aux propriétés impossibles et ceux correspondant aux propriétés bizarres.

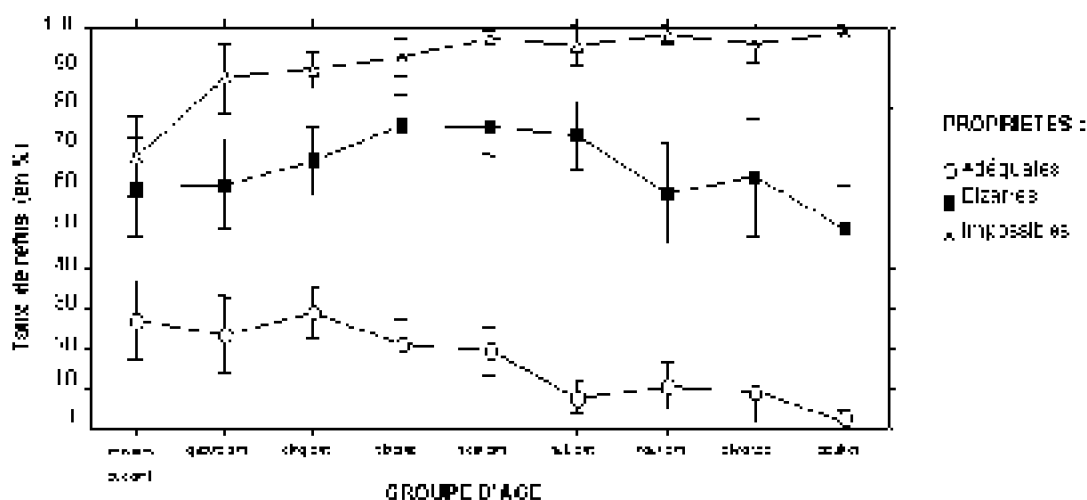


Figure 3 — Courbes développementales des taux de refus selon le type de propriété proposé.

Concernant les associations entre un dessin et une propriété adéquate, situation pour laquelle nous attendions une acceptation de la propriété, les données recueillies sont conformes à notre hypothèse : nous observons une diminution régulière des refus pour ce type d'association. Dans cette condition où la propriété est adéquate, la variable Familiarité n'a aucun effet : le taux de refus est équivalent pour les images familières et pour les non familières. Par contre, les résultats montrent un effet de la catégorie sur ces propriétés adéquates, $F(1, 192) = 12.33$, $p < .01$: les enfants refusent plus les propriétés adéquates pour les artefacts que celles qui le sont pour les animaux. Ce résultat confirme une donnée obtenue dans la première expérience : les enfants maîtrisent mieux les connaissances à propos des animaux que celles relatives aux artefacts.

Concernant l'association entre un dessin et une propriété impossible avec la catégorie, nos données confortent également les résultats obtenus au cours de l'Expérience 1, puisque nous observons une augmentation progressive des refus (de 70 % à 100 % entre 3 et 9 ans) avec un plateau définitif à 100 % dès 7 ans. Cette évolution existe à la fois pour les dessins familiers et pour les non familiers. L'effet de la catégorie est significatif pour ces propriétés impossibles ($F(1, 192) = 15.12$, $p < .01$). Il se manifeste particulièrement nettement chez les enfants de 3 ans et demi : à cet âge, les propriétés impossibles sont davantage rejetées pour les artefacts que pour les animaux $F(2, 192) = 16.09$, $p < .01$. Les propriétés d'animaux, impossibles pour les artefacts, sont donc associées de façon plus correcte que les propriétés d'artefacts.

Les propriétés bizarres produisent quant à elles des résultats non linéaires qui peuvent être décrits en trois étapes.

Les enfants de 3 ans et demi à 6 ans refusent de plus en plus ces informations bizarres (59.9 % pour les 3 ans et demi jusqu'à 75.4 % pour les 6 ans). Ceci peut être interprété comme le fait que, jusqu'à 6 ans, les enfants accumulent progressivement des

connaissances de niveau de base, celles-ci sont incompatibles avec les propriétés bizarres proposées. L'interaction Propriété*Familiarité significative de 3 à 6 ans (respectivement $F(2, 18) = 20.235$, $p < .01$; $F(2, 14) = 5.01$, $p < .05$; $F(2, 34) = 13.62$, $p < .01$; $F(2, 30) = 12.16$, $p < .01$) trouve d'ailleurs toujours son origine dans un effet de la familiarité sur ces propriétés bizarres : les enfants de ces âges refusent plus massivement ces propriétés bizarres pour les objets familiers que pour les non familiers (valeurs des contrastes : $F(2, 18) = 46.59$, $p < .01$ pour les 3 ans et demi, $F(2, 14) = 16.02$, $p < .01$ pour les 4 ans, $F(2, 34) = 43.17$, $p < .01$ pour les 5 ans et $F(2, 30) = 39.36$, $p < .01$ pour le groupe des 6 ans). Cela témoigne sans doute d'un fort attachement aux connaissances de niveau de base à ces âges.

Entre 6 et 8 ans, l'interaction des variables Propriété*Familiarité n'est plus significative. Quelle que soit la familiarité de l'objet, les propriétés bizarres sont traitées de la même façon. Les connaissances relevant du niveau de base n'ont plus autant d'importance que chez les plus jeunes. Cela va de pair avec leur tendance, à partir de cet âge, à moins refuser puis à accepter progressivement les propriétés bizarres. Cela atteste encore qu'ils s'appuient de plus en plus sur des connaissances de niveau de domaine plutôt que sur des connaissances relevant du niveau de base.

Les enfants de 8 ans à 11 ans ainsi que les adultes refusent de moins en moins les propriétés bizarres, confirmant leur tendance à se baser sur des connaissances catégorielles. Nous devons préciser que ces refus sont particulièrement massifs pour les objets familiers (respectivement, $F(2, 16) = 3.97$, $p < .05$ pour les 9 ans, $F(2, 8) = 6.46$, $p < .05$ pour les 10/11 ans et $F(2, 22) = 27.87$, $p < .01$ pour les adultes), ce qui reflète vraisemblablement l'acceptation, *très mature*, de quelques exceptions possibles à des règles sans que ces dernières ne soient remises en question.

II.3.2. Précocité des connaissances de niveau de domaine

Dès trois ans et demi, les performances des enfants sont différentes de ce qu'aurait permis le hasard dans les conditions où des propriétés adéquates ou impossibles sont impliquées. Ils réussissent en effet la tâche à 72.9 % pour les propriétés adéquates et à 67.5 % pour les impossibles. Cela atteste que les enfants très jeunes disposent vraisemblablement de connaissances sur le domaine en général. Ils les mettraient d'ailleurs en oeuvre de plus en plus efficacement, comme l'attestent la régression régulière des refus pour les attributs adéquats et l'augmentation progressive des refus pour les attributs impossibles au cours de leur développement. Le fait que la variable Familiarité n'ait jamais aucun effet significatif pour ces deux types de propriétés confirme cette prépondérance de niveau de domaine dans leur raisonnement. Cette utilisation précoce de connaissances sur des catégories relevant du domaine pourrait permettre aux enfants de pallier leurs faibles connaissances sur les concepts de base. Bien qu'elles ne permettent pas, à elles seules, tous les raisonnements effectués dans cette tâche, les connaissances existeraient tout de même. Les deux faits suivants en témoignent : l'allure de la courbe pour les propriétés bizarres et l'effet de la familiarité sur ces propriétés.

En effet, l'évolution non linéaire²⁰ des données pour les jugements portant sur les propriétés *bizarres* ne permet pas une explication en termes de mise en jeu croissante d'un processus unique et vraisemblablement pas par l'utilisation de connaissances d'un

seul niveau d'abstraction. D'autre part, l'effet de la familiarité sur ces connaissances bizarres révèle la coexistence des croyances sur les domaines et de connaissances relevant du niveau de base. En effet, rappelons que pour les enfants de 3 ans et demi à 6 ans, les propriétés bizarres sont plus refusées lorsque l'objet (animal ou artefact) est familier, ce qui ne peut s'expliquer que par des connaissances spécifiques à des animaux familiers.

Ceci est en accord avec les travaux développés par Behl-Chadha (1996) et les auteurs qui défendent le fait que les connaissances du niveau de base et celles relevant du domaine coexistent à un même âge, et ceci de façon précoce. Les enfants seraient alors en mesure d'opérer des activités de catégorisation à ces différents niveaux d'abstraction.

Cette coexistence précoce est compatible avec la conception de Mandler et collaborateurs (Mandler & Bauer, 1988 ; Mandler, Bauer & McDonough, 1991 ; Mandler & McDonough, 1993 ; Mandler, 2000) qui défendent que les connaissances du niveau de domaine "nourrissent" les connaissances plus spécifiques du niveau de base. En effet, nos travaux montrent que les enfants ne doivent pas nécessairement attendre d'avoir acquis un très grand stock de connaissances sur les concepts de base pour disposer de connaissances générales sur des catégories plus larges. Ceci est également en accord avec l'idée de Prasada (2000) pour qui l'émergence des connaissances générales à propos de domaines n'est pas la conséquence de l'accumulation d'exemplaires d'une catégorie.

II.3.3. Effets spécifiques aux catégories

L'effet de la catégorie, son interaction avec la familiarité et la propriété sont autant d'arguments en faveur d'un développement spécifique des connaissances en fonction du domaine de connaissance impliqué (animal ou artefact).

Les analyses des performances des enfants en fonction de la catégorie à laquelle les propriétés bizarres sont associées apportent également un argument complémentaire en faveur d'un développement spécifique des deux domaines que nous étudions ici (animal et artefact). En effet, la situation expérimentale associant des propriétés bizarres à des dessins non familiers empêche toute forme de raisonnement analogique (que ce soit à partir d'un exemplaire connu ou d'une propriété déjà rencontrée). L'acceptation de ces associations témoigne donc de l'application de connaissances de niveau de domaine. Or, comme l'illustrent les Figures 4a (pour les animaux) et 4b (pour les artefacts) les pourcentages d'acceptations (ici, considérées comme des réponses correctes) de ces associations diffèrent selon les domaines.

²⁰ Pour rappel, nous assistons à une augmentation régulière des refus pour les propriétés bizarres entre 3 ans et demi et 6 ans ; puis vers 6/7 ans, une diminution progressive de ces refus s'amorce et se confirme pour les enfants les plus grands et les adultes.

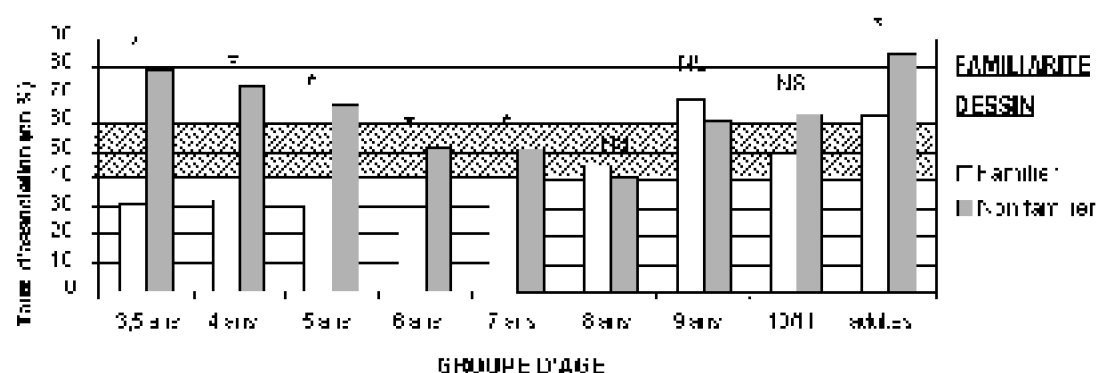


Figure 4a — Pourcentage d'acceptations des propriétés bizarres associées aux dessins familiers ou non familiers d'animaux.

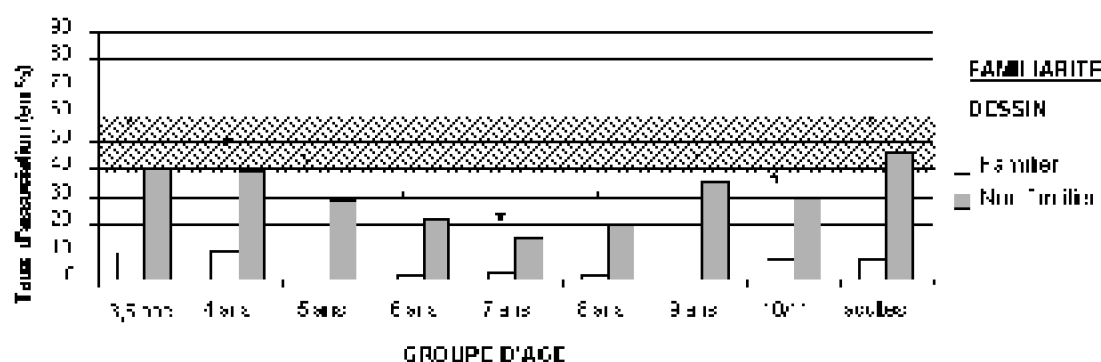


Figure 4b — Pourcentage d'acceptations des propriétés bizarres associées aux dessins familiers ou non familiers d'artefacts (un astérisque (*) indique une différence significative à $p < .05$ entre les taux d'association pour les dessins familiers et pour les non familiers, la zone hachurée correspondant au pourcentage de réponses qui pourrait être fourni par le hasard).

Même si les associations entre les propriétés bizarres et les dessins non familiers suscitent une courbe en forme de U pour les deux catégories, ces deux courbes ne sont pourtant pas confondues. On constate que la proportion d'acceptation de propriétés bizarres reste inférieure à 50 % pour les artefacts, ce qui n'est pas le cas pour les animaux. En prenant en compte le fait qu'un taux d'acceptation entre 40 et 60 % correspond à un choix au hasard, on observe que pour le domaine *animal*, l'acceptation de cette association entre une propriété bizarre et un dessin non familier est supérieure à ce qu'aurait permis le hasard pour le groupe d'enfants les plus jeunes et pour les adultes alors que pour les enfants de 6 à 10/11 ans, le choix n'est pas différent de ce qu'aurait permis le hasard. Pour le domaine des *artefacts*, la production d'inférences de haut niveau reste toujours minoritaire : elle ne conduit pas véritablement à accepter les propriétés bizarres mais simplement à moins les refuser.

Il serait simpliste d'expliquer l'évolution dissymétrique des connaissances relatives aux domaines des animaux et des artefacts comme la conséquence d'un manque de connaissances pour les artefacts. Nos prétests ont en effet montré que les jeunes enfants sont à même de considérer un dessin non familier d'artefact comme un objet fabriqué,

bien qu'ils ne l'identifient pas plus précisément. Il paraît donc plus judicieux d'expliquer ces développements spécifiques comme la conséquence de l'application de *modes de construction théorique* semblables à ceux décrit par Wisniewski et Medin (1994). Ces modes de construction théoriques seraient radicalement différents pour les animaux et les artefacts.

Pour la catégorie des animaux, le mode de construction théorique dirigerait l'enfant vers la détection d'un ensemble de propriétés caractéristiques de cette catégorie et favoriserait leur organisation en réseau. La construction de ce réseau reposerait sur un phénomène d'intégration causale spécifique à ce domaine (par exemple, les enfants auraient très tôt conscience que les animaux mangent parce qu'ils peuvent avoir faim et que s'ils mangent, ils vont grossir...). Cette recherche de relations causales qui existe chez les adultes (Ahn et al., 2000) serait la base du raisonnement des jeunes enfants selon le modèle développemental CEC (Causes and Effects of Changes) proposé par Pauen (1996, 2000). La recherche de ces relations serait mise en oeuvre dès la naissance et trouverait un point d'appui particulier dans notre culture occidentale. La multitude de jouets, de livres pour enfants sur le domaine des animaux permettraient que les connaissances à leur propos soient construites et intégrées très tôt par les enfants.

Pour le domaine des artefacts, les principes théoriques seraient radicalement différents : ils ne conduiraient pas à l'élaboration d'un réseau de connaissances à partir d'informations concrètes, tel que cela existe pour les animaux, mais ils permettraient la focalisation de l'attention de l'enfant sur des concepts plus abstraits et moins nombreux. Ces connaissances concerneraient la fonction (Keil, 1986 ; Gelman, 1988 ; Ahn, 1998) des objets ou leurs affordances²¹ (Kemler Nelson, 1995). La sensibilité des enfants à ces dimensions a d'ailleurs été décrite comme particulièrement précoce (Landau, Smith et Jones, 1998) et certains auteurs tels que Richards, Goldfarb, Richards et Hassen (1989) proposent que les enfants les plus âgés sont même en mesure d'initier et d'utiliser des règles de fonctionnalité (comme la substitution d'un objet à un autre pour réaliser une même fonction). Des travaux plus récents ont confirmé l'intérêt des enfants pour ces dimensions. L'origine artificielle des objets (Petrovich, 1999) ou l'intentionnalité du créateur de l'artefact (Bloom, 1996, 1998, 2002) seraient également centraux dans la constitution de ce domaine des artefacts.

Partant du constat d'un développement radicalement différent des connaissances pour les catégories relevant du domaine des animaux et des artefacts, en raison d'une mise en oeuvre de modes de construction radicalement différents dans ces deux domaines, nous proposons d'étudier plus finement le mode de construction des connaissances relatives au domaine des animaux. Comme nous l'avons souligné au cours de la partie théorique, les bases constituantes de ces connaissances théoriques restent floues.

III. Expérience 3 : tâche d'induction

²¹ Ici, affordances = caractéristiques physiques de l'objet qui permettent au sujet de réaliser une action avec cet objet. Par exemple, un bord tranchant est une caractéristique physique nécessaire pour couper.

Dans la partie théorique, nous avons souligné l'importance des informations biologiques et psychologiques (traits de personnalité) dans la structuration des connaissances pour le domaine des animaux. Pour Carey (1985, 1988), les traits psychologiques seraient la base constituante de cette mise en place, les connaissances biologiques ne se différenciant de ces connaissances psychologiques qu'à partir d'un âge donné, initialement fixé à 10 ans puis resitué vers 7 ans. Or, nous pensons que la différenciation des connaissances biologiques avec les connaissances psychologiques s'amorce déjà chez les jeunes enfants avant cet âge du "changement radical".

Afin de tester cette hypothèse dans cette troisième expérience, nous plaçons les enfants dans une tâche d'induction au cours de laquelle ils sont invités à réaliser des inférences de propriétés biologiques et psychologiques pour des animaux. Ces inférences peuvent se baser soit sur des indices perceptifs, soit sur une appartenance catégorielle. D'une façon générale, nous pensons observer, au cours du développement de l'enfant, une production de plus en plus massive d'inférences catégorielles, l'enfant se détachant progressivement des indices perceptifs pour réaliser les inférences. Mais nous souhaitons montrer que la nature de la connaissance (biologique ou psychologique) influence le type de l'inférence : nous pensons en effet observer un plus grand nombre d'inférences catégorielles lorsque des propriétés biologiques sont impliquées. Ceci témoignerait de l'indépendance des domaines de connaissances biologique et psychologique.

Cette Expérience 3 fait suite aux travaux menés par Bedoin (1999) au cours desquels 16 enfants de 3 à 3 ans et demi et 20 enfants de 6 à 8 ans ont été testés. L'expérience testait ces mêmes hypothèses et reposait sur un paradigme d'induction. Des propriétés biologiques ou psychologiques semblables à celles que nous manipulerons étaient proposées. Cette expérience permettait de démontrer que les enfants les plus jeunes produisaient plus d'inférences perceptives (58.2 %) que d'inférences catégorielles (41.8 %), contrairement aux enfants plus âgés qui produisaient une plus grande proportion d'inférence catégorielle (60.94 % contre 39.06 %).

Concernant l'influence de la nature de la propriété impliquée (biologique versus psychologique), celle-ci était différente selon les classes d'âges testées : cette interaction Age*Propriété est représentée sur la Figure 5.

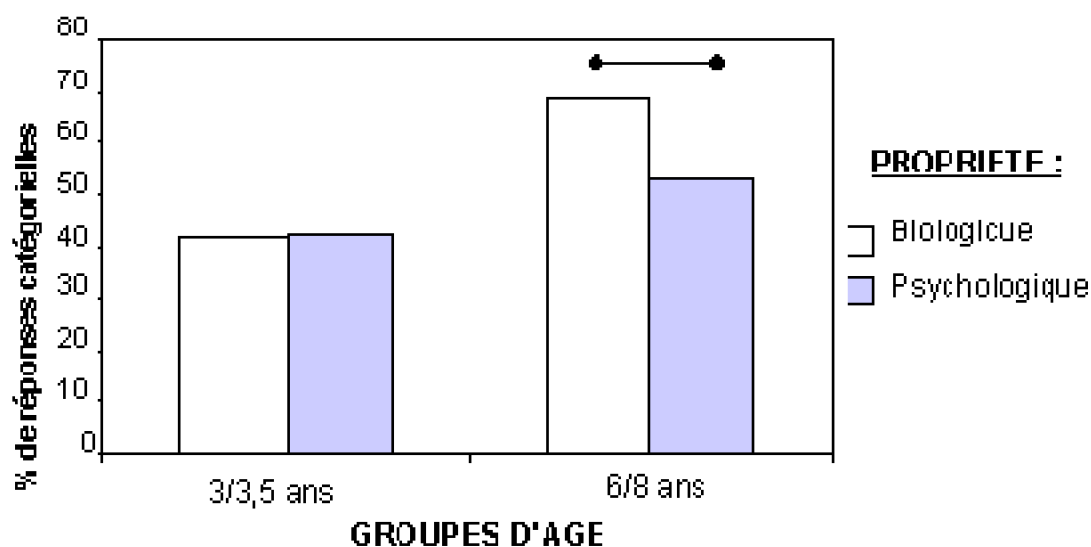


Figure 5 — Graphique de l'interaction Âge*Propriété obtenue par Bedoin (1999) : les enfants les plus jeunes produisent des réponses catégorielles de l'ordre du hasard pour les propriétés biologiques et psychologiques alors que les enfants plus âgés produisent statistiquement plus de réponses catégorielles à partir des propriétés biologiques qu'à partir des propriétés psychologiques (d'après Bedoin, 1999).

Sur ce graphique, nous pouvons constater que, dans ces travaux, le type de propriétés manipulées (psychologiques ou biologiques) n'a aucun effet sur le type d'inférences produites par le groupe d'enfants les plus jeunes. Par contre, la production d'inférences catégorielles par les enfants plus âgés est plus importante lorsque les propriétés impliquées dans l'inférence sont biologiques. Cette production d'inférences catégorielles pour le domaine de la biologie est même supérieure à celle qu'aurait permis le hasard. Ceci confortait l'auteur dans l'hypothèse d'une indépendance des connaissances psychologiques et biologiques chez les enfants entre 6 et 8 ans et confirmait la pertinence de situer l'âge de la différenciation des propriétés biologiques et psychologiques avant 10 ans.

Cependant, il faut rappeler que les travaux présentés ici portaient sur un matériel expérimental restreint (cette expérience utilisait 8 planches) et sur des groupes d'enfants appartenant à des classes d'âge d'ampleur inégale. Nous nous proposons donc de poursuivre cette recherche en complétant de façon conséquente le matériel expérimental et en le soumettant à une série de prétests rigoureux avant toute passation. De plus, nous pensons qu'il serait intéressant d'observer les processus cognitifs mis en oeuvre par des enfants appartenant à des âges intermédiaires, par rapport à ceux testés par Bedoin (1999) : il s'agira en particulier de tester si la différence dans la façon de réaliser des inférences dans les domaines biologique et psychologique existe dès le moment où les enfants commencent à préférer les inférences catégorielles aux inférences perceptives.

III.1. Méthode

III.1.1. Sujets

L'Expérience 3 a été proposée à 36 enfants répartis dans 3 classes d'âge entre 4 ans et 7 ans (12 enfants entre 4 et 5 ans (moyenne (M) = 4.6 ans), 12 entre 5 et 6 ans (M = 5.7 ans) et 12 entre 6 et 7 ans (M = 6.5 ans)). Pour chacune des classes d'âge, nous avons pris soin de tester 6 garçons et 6 filles afin de contrôler l'effet du genre des sujets. En outre, l'Expérience 3 a été proposée à 24 adultes volontaires (M = 25.3 ans), étudiants en psychologie à l'Université Lumière Lyon 2.

Les passations ont eu lieu dans différentes classes du groupe scolaire Jean Moulin de Vaulx-en-Velin (Rhône). Elles ont obtenu les accords préalables de l'Inspection Académique, de la Directrice de l'établissement et des parents. Les passations des adultes se sont quant à elles déroulées à l'Université Lumière Lyon 2.

III.1.2. Stimuli

Cette expérience, basée sur un paradigme d'induction, nécessitait la présentation de planches constituées chacune de trois dessins d'animaux appartenant à deux catégories distinctes (ici, des insectes et des oiseaux) . Pour constituer ce matériel expérimental, nous avons réalisé deux prétests : le premier visant à sélectionner des dessins appropriés pour cette expérience et le deuxième permettant de sélectionner des propriétés biologiques et psychologiques adaptées au niveau de compréhension des enfants.

Prétest pour la sélection des dessins — Nous avons tout d'abord pris soin de réaliser un premier prétest pour opérer une sélection de dessins d'insectes et d'oiseaux, et de nous assurer de la reconnaissance catégorielle par les enfants de ces différents dessins. En effet, une des conditions nécessaires à la réussite de cette expérience repose sur le fait que les enfants associent la bonne appartenance catégorielle à ces dessins.

Ce prétest consistait en une épreuve de dénomination de 42 dessins, présentés successivement aux enfants. Afin de pouvoir réaliser ce prétest auprès des enfants les plus jeunes, nous avons ajouté un indice verbal à cette tâche de reconnaissance, en indiquant soit le nom de la catégorie des oiseaux (on demandait alors à l'enfant "**est-ce que c'est un oiseau**") soit celui des insectes ("**est-ce que c'est un insecte ?**"). Pour ces jeunes enfants, nous avons parfois été dans l'obligation de remplacer le terme "insecte" par un terme plus familier mais toujours distinct du terme "oiseau" (par exemple, le terme général "qui-pique" représente pour ces jeunes enfants le monde des insectes). Pour les plus grands, le prétest des dessins a été effectué sans proposer de dénomination, c'est-à-dire sans l'ajout d'indices verbaux (dans ce cas, l'expérimentateur montrait le dessin à l'enfant qui devait le dénommer).

Ce prétest a été conduit auprès de 108 enfants de 3 à 7 ans répartis dans 8 classes d'âge de 6 mois (12 enfants de 3 ans à 3 ans et demi, 12 entre 3 ans et demi et 4 ans...). Pour la passation de ce prétest, nous avons bénéficié de l'aide d'un groupe d'étudiants de DEUG de psychologie dont le TD portait sur la question de la catégorisation du monde animal chez les enfants.

À l'issue de ce prétest, 36 dessins (18 dessins représentant des oiseaux et 18 représentant des insectes et reconnus comme tels par les enfants) ont été sélectionnés. Ces dessins nous ont permis de constituer 12 planches expérimentales comportant chacune 3 de ces dessins. Ces dernières sont consultables en page 17 des Annexes.

Prétest pour la sélection des propriétés — Ce prétest permettant de sélectionner les propriétés biologiques ou psychologiques consistait en une épreuve individuelle de choix forcé proposée aux mêmes enfants que ceux ayant réalisé le prétest précédant.

Pour ce prétest, un dessin était présenté à l'enfant et une propriété biologique ou psychologique composée de deux propositions lui était associée. L'enfant avait pour consigne de choisir la proposition s'associant le mieux, selon lui, à ce dessin. Par exemple nous présentions à l'enfant un dessin en l'associant à une question concernant une propriété de nature biologique (exemple : "celui-là pond des oeufs bleus ou pond des oeufs verts ?") et l'enfant devait alors choisir d'associer l'une ou l'autre de ces deux possibilités à ce dessin.

Ici, seul un résultat équitablement réparti entre les deux propositions de la propriété nous permettait de considérer cette propriété comme valable pour l'expérience. En effet, si les enfants, en raison d'une croyance ou d'une connaissance spécifique quelconque, avaient produit un choix systématique de l'une ou l'autre des propositions, ni l'appartenance catégorielle ni la ressemblance n'auraient pu influencer leur choix lors de l'expérience.

Afin de retenir 12 propriétés pertinentes pour toutes les classes d'âge, nous avons soumis 18 propriétés au jugement des enfants. À l'issue de ce prétest, 6 propriétés biologiques et 6 propriétés psychologiques correspondant à un choix statistiquement équivalent entre leurs deux propositions ont été retenues. Ces douze propriétés sont présentées dans le Tableau 3²².

Type de propriétés			
Biologiques		Psychologiques	
Proposition A	Proposition B	Proposition A	Proposition B
Il est grand comme un adulte	Il est petit comme un bébé	Il est gentil et sympathique	Il est méchant et méchant
Il est sage et sérieux	Il est bête et bête	Il est gentil et gentil	Il est méchant et méchant
Il est gentil et gentil	Il est bête et bête	Il est gentil et gentil	Il est méchant et méchant
Il est sage et sérieux	Il est bête et bête	Il est gentil et gentil	Il est méchant et méchant
Il est sage et sérieux	Il est bête et bête	Il est gentil et gentil	Il est méchant et méchant
Il est sage et sérieux	Il est bête et bête	Il est gentil et gentil	Il est méchant et méchant

Tableau 3 — Propriétés biologiques et psychologiques retenues pour l'Expérience 3.

III.2. Procédure

L'Expérience 3 consistait à présenter successivement au sujet 12 planches composées chacune de 3 dessins et plaçant chaque fois l'enfant dans un conflit perceptivo-conceptuel. La Figure 6 présente un exemple de ce type de planche.

²² L'ensemble des résultats obtenus pour le prétest des propriétés est consultable en page 18 et 19 des Annexes.

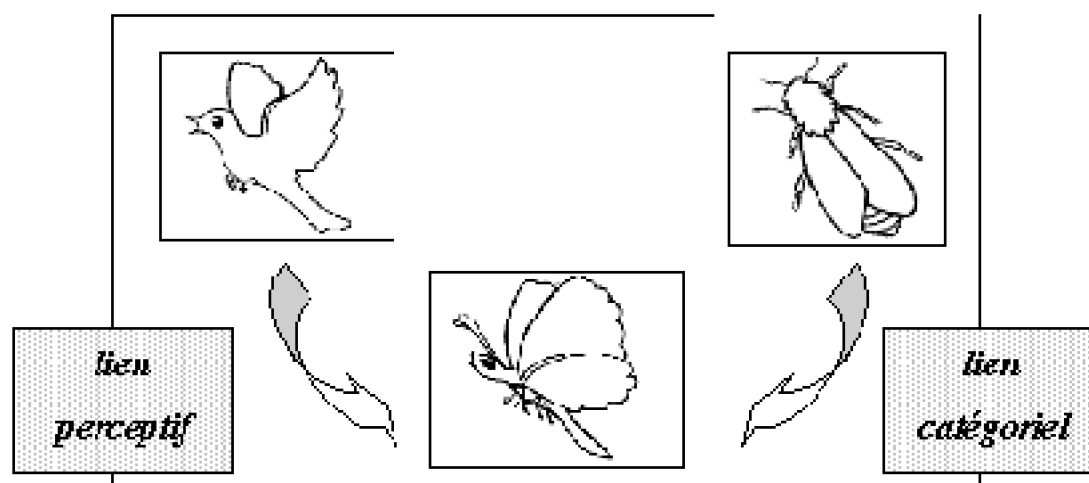


Figure 6 — Présentation d'une planche utilisée pour l'Expérience 3 illustrant le conflit entre apparence perceptive et appartenance catégorielle.

Dans cet exemple, le premier dessin (en haut à gauche) représente un oiseau, le deuxième (en haut à droite) un insecte. Le troisième dessin, bien qu'appartenant à la catégorie des insectes, ressemble à l'oiseau : nous créons ainsi le conflit entre l'apparence perceptive et l'appartenance catégorielle.

Au cours de l'expérience, la première proposition pour une propriété biologique ou psychologique était associée au premier animal (par exemple : "celui là pond des oeufs bleus" pour une propriété biologique) puis la proposition alternative était associée au deuxième animal ("celui là pond des oeufs verts " pour ce même exemple). Enfin, l'expérimentateur demandait à l'enfant laquelle de ces deux propositions convenait, selon lui, par le troisième animal (animal cible).

L'enfant pouvait donner sa réponse en adoptant deux stratégies distinctes. Soit l'enfant se basait sur la similarité perceptive, ce qui le conduisait à associer la même caractéristique aux animaux se ressemblant. Soit l'enfant basait son jugement sur l'appartenance catégorielle reliant deux animaux et, dépassant le "piège perceptif", associait alors à l'animal cible la propriété de l'animal de la même catégorie (insecte ou oiseau). Ainsi, le choix des enfants nous a permis de déterminer quelle est la stratégie préférentiellement adoptée par les enfants pour résoudre ce type de problème; proposer des propriétés biologiques ou psychologiques nous a donné la possibilité de vérifier si la production de ces deux types d'inférence (perceptive versus catégorielle) variait selon la nature du contenu des propriétés.

III.3. Résultats et discussion

III.3.1. Passation auprès de sujets adultes

Dans le but de vérifier la pertinence de notre matériel expérimental, nous avons souhaité dans un premier temps soumettre cette expérience à un groupe de 12 adultes, étudiants en psychologie à l'Université Lumière Lyon 2. L'Expérience était en tout point identique

(planches de dessins et propriétés) à celle que nous souhaitons proposer aux enfants.

Lors de cette passation, et conformément aux résultats obtenus par les enfants les plus âgés dans l'expérience de Bedoin (1999), nous nous attendions à observer un taux important d'inférences catégorielles, celles-ci devant être plus largement mises en œuvre dans le cas où les inférences impliquaient des connaissances biologiques plutôt que psychologiques. Or, les analyses statistiques (test t sur séries appariées) que nous avons réalisées à l'issue de ces passations sur le type d'inférences produites par ces sujets ont révélé une production statistiquement équivalente d'inférences catégorielles et perceptives, $t = -0.647$, $p > .05$.

De plus, et toujours contrairement à nos hypothèses, l'effet de la nature de la propriété sur le type d'inférences produites par les sujets n'a eu aucun effet. Ainsi, nous pouvons observer sur la Figure 7 que les propriétés psychologiques conduisent à produire autant d'inférences perceptives que catégorielles $t = -0.167$, $p > .05$, tout comme les propriétés biologiques $t = -2.264$, $p > .05$.

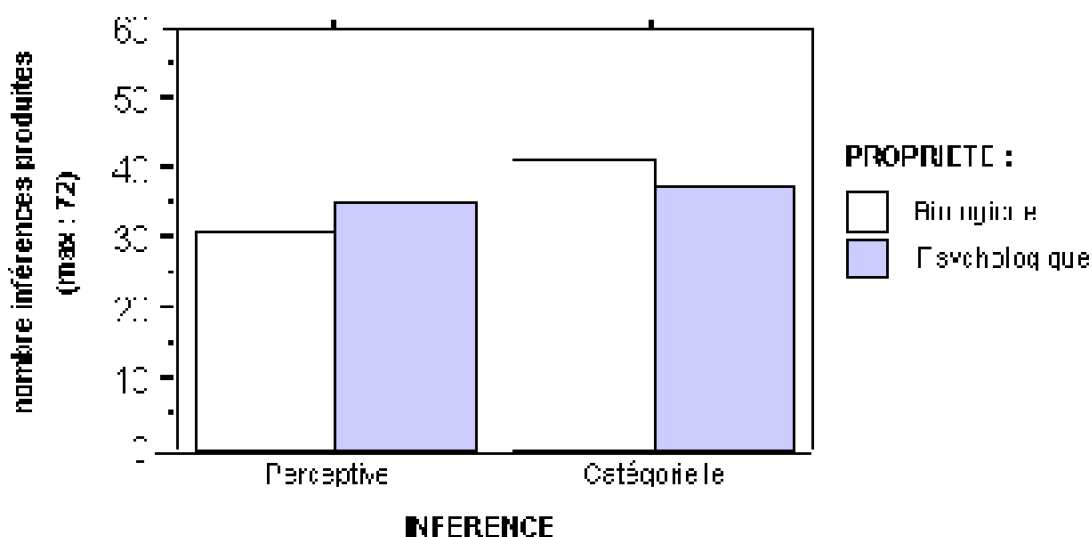


Figure 7 — Résultats des 12 adultes ayant réalisé l'Expérience 3. Les adultes produisent statistiquement autant d'inférences perceptives que catégorielles, ils ne sont pas influencés par la nature de la propriété (biologique versus psychologique).

Ces résultats sont surprenants car très éloignés de nos hypothèses fondées sur les observations de Bedoin (1999). Il nous paraît ici pertinent d'évoquer un constat établi par Farrar, Raney et Boyer (1992), rapportant la sensibilité des enfants à la familiarité des propriétés proposées. Ces expérimentateurs ont montré que, lorsqu'ils utilisent des propriétés biologiques comportant un vocabulaire non familier pour les enfants (par exemple, "il a de la sérotonine dans le corps"), la production d'inférences catégorielles est réduite. Nous avons émis l'hypothèse que nos propriétés biologiques pouvaient placer les adultes dans une situation comparable, celles-ci pouvant paraître très étranges pour des adultes, voire irréalistes. L'éloignement de situations proches de leurs croyances sur le monde aurait pour conséquence la réalisation de simples inférences perceptives plutôt que catégorielles, peut être dans un souci d'économie cognitive.

Afin de tester cette hypothèse explicative, nous avons proposé cette expérience à 12 autres sujets adultes, étudiants en psychologie de l'Université Lyon 2. Lors de cette passation, seules les propriétés biologiques ont été modifiées. Nous avons en effet proposé des propriétés biologiques plus "écologiques", comportant des termes certes non accessibles à la compréhension des enfants mais adaptés à une population adulte. Ces propriétés biologiques sont présentées dans le Tableau 4.

Tableau 4 — Propriétés biologiques complexes proposées aux adultes. Expérience 3.

Propriétés biologiques complexes		
Proposition A		Proposition B
Il a un chromosome 19 qui manque		Il a un chromosome 17 qui manque
Il a le sang épais		Il a le sang fluide
Son coeur bat 90 coups à la minute		Son coeur bat 110 coups à la minute
Il est allergique aux arachides		Il est allergique aux pollens
Il souffre de diabète		Il souffre d'hypertension
Il a un fort taux de glutamate dans le sang		Il a un faible taux de glutamate dans le sang

Suite à ces nouvelles passations, une série d'analyses statistiques (test t sur séries appariées) a été conduite sur le type d'inférences produites. Cette analyse a révélé une absence de différence entre inférences catégorielles et perceptives ($t = -1,737$, $p > .05$), mais un effet de la nature de la propriété manipulée sur le type d'inférence produite. En effet, comme cela est observable sur la Figure 8, nous pouvons constater que les sujets adultes produisent significativement plus d'inférences catégorielles que d'inférences perceptives seulement lorsque la propriété impliquée est biologique, $t = -2.264$, $p < .04$. Les propriétés psychologiques conduisent, quant à elles, les sujets à produire autant d'inférences perceptives que catégorielles, $t = -0.167$, $p > .05$.

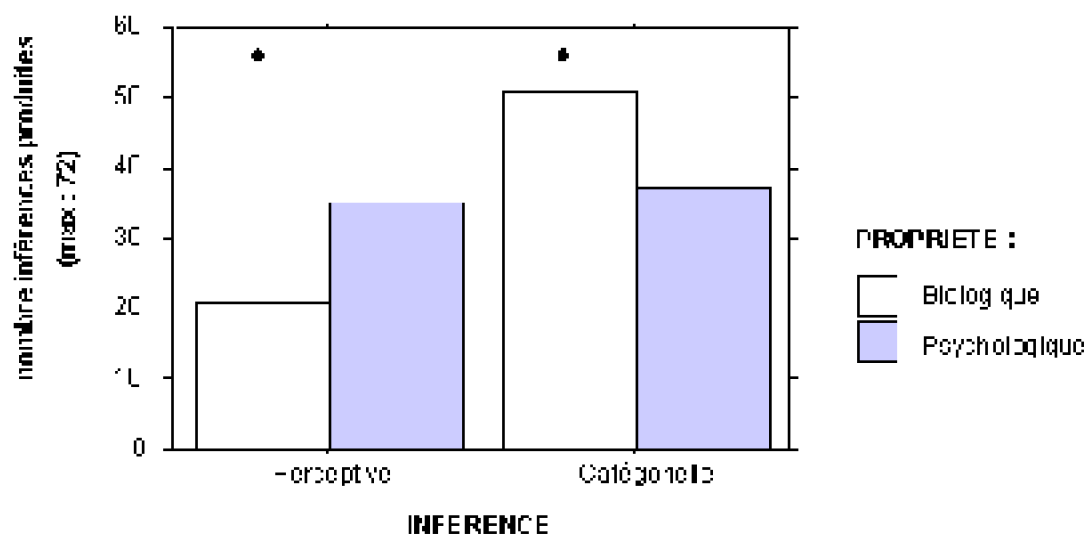


Figure 8 — Résultats obtenus auprès de 12 adultes ayant réalisé l'Expérience 3 dans laquelle les propriétés biologiques sont complexes. Un lien en trait plein entre 2 conditions indique une comparaison de moyennes significative à $p < .05$.

Comparé aux données obtenues à partir de propriétés au contenu moins réaliste pour les adultes, ce résultat nous permet de conclure que les sujets adultes, tout comme les enfants, sont sensibles à la familiarité de la propriété impliquée. Cette influence relève du degré d'expertise des sujets : un vocabulaire trop simple ou un contenu inadapté à la maturité intellectuelle des adultes conduit les sujets à s'éloigner des inférences catégorielles.

La nature de la propriété (biologique versus psychologique) semble également avoir des incidences sur la production d'inférences catégorielles. Comme l'illustre la deuxième passation réalisées auprès des sujets adultes, les inférences catégorielles sont plus importantes lorsque des propriétés biologiques, plutôt que psychologiques, sont impliquées.

La passation de l'expérience auprès d'enfants en utilisant des propriétés biologiques et psychologiques adaptées à leur niveau de compréhension nous permettra d'étudier la genèse de ce phénomène.

III.3.2. Passation auprès d'enfants

Nous avons réalisé trois séries de passations de cette expérience auprès de trois groupes d'enfants de 4 à 7 ans. À l'issue de la passation de chacun des groupes, nous avons réalisé une analyse statistique (test t sur séries appariées) sur le nombre d'inférences produites. La Figure 9 présente le nombre d'inférences perceptives et catégorielles produites en fonction du type de propriété impliquée (biologique ou psychologique) pour chacun de ces groupes.

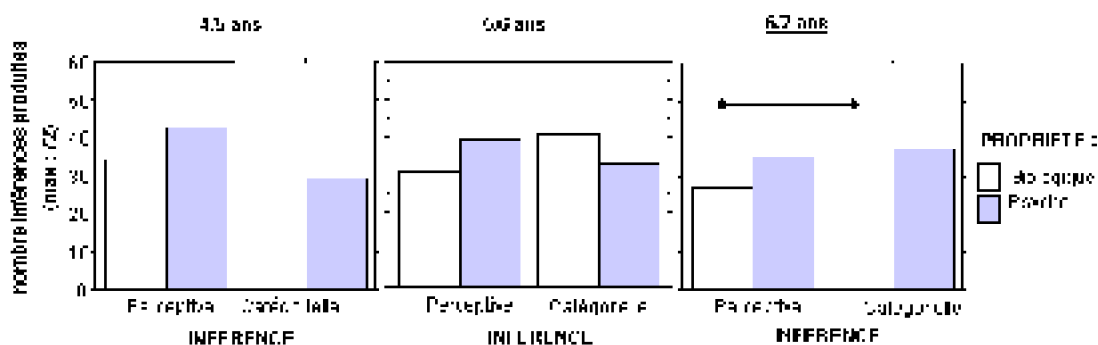


Figure 9 — Résultats obtenus pour les 3 groupes d'enfants (4/5 ans, 5/6 ans et 6/7 ans) ayant réalisé l'Expérience 3. Les enfants produisent progressivement de plus en plus d'inférences catégorielles et celles-ci sont plus nombreuses lorsque la propriété impliquée est de nature biologique. Un trait plein reliant deux conditions indique une comparaison de moyennes significative à $p < .05$.

Les enfants entre 4 et 5 ans produisent autant d'inférences perceptives que catégorielles (respectivement 53.47 % et 46.53 %, $t = .0894$, $p > .05$). À cet âge, la nature de la propriété n'a aucune influence sur le type d'inférence produite : que la propriété soit

biologique ou psychologique, les enfants produisent autant d'inférences perceptives que catégorielles (respectivement $t = -0.518$, $p > .05$ et $t = 1.865$, $p > .05$).

Concernant les enfants entre 5 et 6 ans, les résultats rapportent qu'ils produisent 48.62 % d'inférences perceptives et 51.39 % d'inférences catégorielles. Bien que cette différence ne soit pas statistiquement significative, ($t = -0.464$, $p > .05$), nous pouvons constater que les enfants de cet âge produisent sensiblement plus d'inférences catégorielles que les enfants entre 4 et 5 ans (51.39 % pour les 5-6 ans contre 46.53 % pour les 4-5 ans). De plus, en accord avec notre hypothèse, un effet de la nature de la propriété sur le type d'inférence produite (bien qu'encore non significatif) semble émerger à cet âge puisque nous pouvons constater que les inférences catégorielles sont plus nombreuses que les inférences perceptives et ce, spécifiquement lorsque des propriétés biologiques sont à traiter ($t = -1.82$, $p = .09$). Pour les propriétés psychologiques, ce phénomène ne s'observe pas, les enfants produisant autant d'inférences perceptives que catégorielles, $t = 1$, $p > .05$.

Cette tendance se confirme auprès **des enfants de 6 à 7 ans**. En effet, ceux-ci continuent à produire une plus grande quantité d'inférences catégorielles (57.65 % pour ce groupe d'âge) et celles-ci sont significativement plus nombreuses dans le cas où des propriétés biologiques sont impliquées, $t = -2.37$, $p < .05$. Là encore, ce phénomène reste spécifique aux propriétés biologiques car dans le cas où des propriétés psychologiques sont manipulées, les enfants de cet âge continuent à produire autant d'inférences perceptives que d'inférences catégorielles, $t = -0.185$, $p > .05$.

Ainsi, ces résultats nous apprennent que les enfants entre 4 et 7 ans produisent progressivement, au cours de leur développement, de plus en plus d'inférences catégorielles : ceci atteste qu'ils se détachent progressivement des pièges perceptifs auxquels ils sont confrontés dans cette tâche d'induction. Ce résultat s'accorde avec les résultats des deux expériences précédentes : les enfants sont très précocement en mesure de raisonner à partir de connaissances catégorielles.

De surcroît, cette production d'inférences catégorielles est dépendante du type de propriétés manipulées : les enfants, tout comme les adultes, produisent plus d'inférences catégorielles lorsque des propriétés biologiques sont impliquées plutôt que des connaissances portant sur des traits de personnalité. Nos résultats confirment donc les observations effectuées par Bedoin (1999) et démontrent que la distinction entre les propriétés biologiques et psychologiques s'amorce avant 7 ans, précisant ainsi la théorie développée par Carey (1985, 1988). Ceci est conforme à l'idée selon laquelle, les enfants mettent progressivement en place un système d'induction qui diffère suivant la nature biologique ou psychologique des propriétés. Pour le domaine de la biologie, les propriétés sont appliquées à des exemplaires nouveaux d'une catégorie suivant un principe d'appartenance catégorielle : deux animaux de la même catégorie auront fortement tendance à partager un trait biologique identique du fait de leur appartenance à la même famille. Les propriétés psychologiques, quant à elles, suscitent autant d'inférences catégorielles que perceptives : un trait de personnalité peut tout aussi bien être commun à deux animaux en raison de leur appartenance catégorielle qu'en raison de leur apparence physique.

IV. CONCLUSION

- Synthèse des expériences réalisées auprès des enfants :
- 1/ Les trois expériences réalisées confirment la pertinence d'une conception du développement des connaissances conceptuelles en mémoire chez les enfants comme le résultat d'un processus d'évolution spécifique aux domaines, plutôt que général. Les connaissances à propos des animaux et des artefacts se développent de façon dissymétrique. Alors que les enfants semblent maîtriser très tôt les connaissances relatives au domaine des animaux, ils commentent encore des erreurs si les connaissances réfèrent aux artefacts.
- 2/ Les enfants sont capables de raisonner à partir de connaissances relevant du niveau de base (par analogie avec des connaissances qu'ils savent vraies pour des exemplaires particuliers) mais aussi à partir de connaissances plus générales, contenues au niveau de domaine. Trois dimensions concourent particulièrement à la construction de ces deux niveaux de raisonnement : les indices visuels, les indices langagiers et les principes de construction théorique.
- 3/ Ces modes de construction théoriques sont différents selon le domaine, ils guident de façon spécifique l'acquisition des connaissances sémantiques à propos des animaux et des artefacts. Pour le domaine des animaux, des informations concrètes à propos du fonctionnement biologique (reproduction, croissance...) sont organisées en réseau, chacune des informations étant reliée aux autres par des liens de causalité. Pour le domaine des artefacts, le mode de construction théorique guide les enfant vers la prise en compte de concepts plus abstraits et moins nombreux relatifs à la fonction des objets. Cette différence pourrait expliquer la maîtrise plus précoce de raisonnements guidés par des connaissances sur de larges catégories dans le domaine des animaux que dans celui des artefacts.
- 4/ Concernant la construction des connaissances théoriques des animaux, celle-ci ne semble pas être uniquement centrée sur les connaissances psychologiques, contrairement à l'assertion de Carey (1985, 1988). Les connaissances biologiques engendrent précocement des raisonnements particuliers, différents de ceux produits pour des connaissances psychologiques.

Suite à ces travaux sur la *construction* des connaissances sémantiques chez les enfants, nous nous sommes interrogés sur le devenir de ces connaissances chez les sujets adultes. Plus particulièrement, nous nous sommes demandés dans quelle mesure les observations effectuées auprès des enfants à propos de la spécificité de domaine, de l'organisation hiérarchique de ces connaissances ou encore du statut différent des propriétés, pouvaient trouver une correspondance chez les sujets adultes. Ainsi, le deuxième chapitre de cette thèse portera sur la question de l'*organisation* des connaissances sémantiques chez l'adulte.

Développer ce thème de recherche conduit, dans un premier temps, à aborder la

question de la modularité de la mémoire : des perspectives distinctes (unitaire et multi-systèmes) attribuent en effet un statut différent aux connaissances sémantiques. Dans un deuxième temps, nous passerons en revue les trois critères considérés comme principaux critères organisateurs de ces connaissances : la fréquence, l'appartenance catégorielle et la taxonomie.

Cette partie théorique sera suivie de la présentation de 5 expériences visant notamment à évaluer la pertinence de ces différents aspects, ainsi que les effets d'autres facteurs dans l'organisation des connaissances sémantiques. L'objectif de nos travaux n'est donc pas de proposer un autre modèle de la mémoire mais de préciser le rôle de certains facteurs devant nécessairement être pris en considération lorsqu'on souhaite rendre compte de l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire, qu'on se place dans une conception unitaire ou multiple.

CHAPITRE II : Organisation des connaissances sémantiques chez les adultes

CADRE THEORIQUE

I. LA MEMOIRE : SYSTEME MULTIPLE OU UNIQUE ? INCIDENCES SUR LES CONNAISSANCES SEMANTIQUES

De nos jours, deux conceptions s'opposent à propos de l'architecture de la mémoire. La première postule une mémoire décomposable en un ensemble de sous-systèmes fonctionnels qui encodent, récupèrent et stockent les informations différemment. La deuxième conception propose quant à elle que toutes les informations sont traitées suivant un processus unique. Cette question de la modularité de la mémoire est fondamentale pour notre propos car ces deux conceptions conduisent à considérer les connaissances sémantiques de façons différentes. En effet, adopter une conception "systèmes multiples" de la mémoire implique de reconnaître l'existence d'un

sous-système mnésique spécialisé dans l'organisation et le traitement des connaissances sémantiques (opposées aux connaissances épisodiques). Adopter la conception unitaire revient à postuler le caractère strictement épisodique de toutes les informations contenues en mémoire ; la dimension sémantique des connaissances émergerait grâce à la multiplicité des traces antérieures réactivées par un événement.

Les paragraphes suivants présentent plus en détails les principes guidant chacune de ces deux conceptions de la mémoire. Chacune a donné lieu à des modélisations théoriques variées, cependant trop nombreuses pour être classifiables d'une manière consensuelle. Notre propos n'est donc pas d'être exhaustive, mais de rendre compte de l'évolution des idées quant à la représentation des connaissances sémantiques, à travers quatre grandes classes de modèles : deux relèvent de la conception multi-systèmes (modèles en réseaux sémantiques et modèles par traits), les deux autres relèvent de la conception unitaire (modèles par exemplaires et modèles par traces).

1.1. Conception multi-systèmes : existence d'une mémoire sémantique

La conception multi-systèmes de la mémoire est la théorie la plus répandue. Elle postule que la mémoire est décomposable en un ensemble de sous-systèmes distincts pouvant toutefois fortement interagir. Mais il n'existe pas de consensus pour déterminer le nombre et la nature de ces sous-systèmes mnésiques. Nous avons tenté de représenter dans un même schéma une *synthèse des dichotomies* proposées par différents auteurs (voir Figure 10).

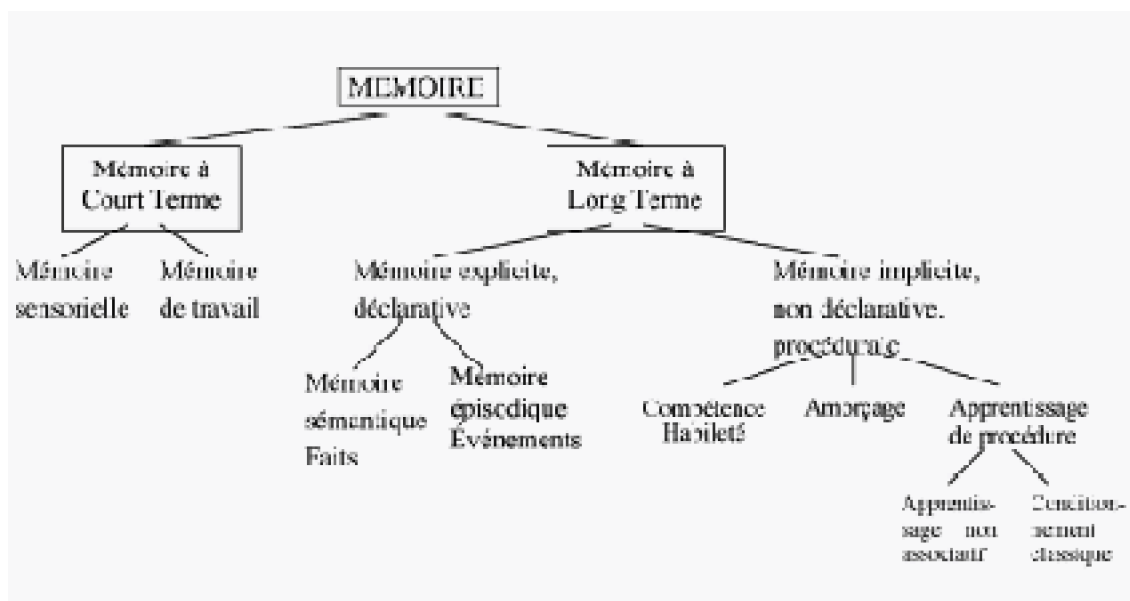


Figure 10 — Synthèse de l'architecture de la mémoire. D'après Baddeley (1986) ; Anderson (1983) ; Graf et Schacter (1985) ; Squire (1987) ; Tulving (1972).

Ce découpage de la mémoire en un ensemble de sous-systèmes fonctionnels se fonde à la fois sur des données comportementales en psychologie cognitive et sur des observations neuropsychologiques. L'établissement de la dichotomie entre mémoire à court terme et mémoire à long terme illustre particulièrement bien le fruit de cette contribution pluridisciplinaire.

I.1.1. Distinction entre mémoire à court terme et mémoire à long terme

La distinction entre les systèmes de mémoire à court terme et à long terme provient à la fois des résultats de tests comportementaux chez des sujets ne présentant pas de pathologie particulière (épreuves de position sérielle) et d'observations de patients amnésiques.

L'épreuve de position sérielle consiste à demander de mémoriser une liste de mots présentés en succession rapide puis, immédiatement après, à inviter le sujet à rappeler le maximum de mots sans contrainte sur l'ordre de rappel. Lorsque l'on étudie la position des mots rappelés par rapport à leur position dans la liste initiale, il est classique d'observer des effets de récence et de primauté : les sujets rappellent mieux les premiers et les derniers mots lus. Il a été proposé que l'effet de primauté provenait de la mise en mémoire à long terme des premiers mots de la liste (conséquence de la répétition mentale des mots afin de s'en souvenir) alors que l'effet de récence résulterait de la récupération des mots encore contenus en mémoire à court terme parce que lus depuis peu. Les mots du milieu de la liste seraient moins bien rapportés car la durée serait trop longue pour autoriser leur maintien en mémoire à court terme et trop courte pour permettre leur stabilisation en mémoire à long terme.

La neuropsychologie apporte des arguments favorables à cette interprétation dualiste de la mémoire à travers l'étude de patients souffrant d'amnésie. Milner, en 1966, rapporta le cas du patient HM présentant une amnésie antérograde suite à une lésion bilatérale de l'hippocampe (subie pour supprimer un foyer épileptique). Ce patient obtenait des performances médiocres dans les tests de mémoire à long terme alors que ses capacités mnésiques étaient préservées lorsque la mémoire à court terme était impliquée. De ce fait, dans la tâche de rappel libre d'une liste de mots que nous venons de présenter, ce patient était seulement en mesure de rappeler les derniers mots de la liste. En 1970, Scoville et Milner rapportèrent le cas opposé, avec le patient KF. Ce patient était incapable de rapporter plus de deux éléments appris (chiffres) mais avait conservé la capacité de se souvenir d'événements lointains.

Ces différents arguments contribuent à différencier mémoire à court terme et mémoire à long terme. La mémoire à court terme est définie comme un lieu de stockage transitoire, à capacité limitée (7 -plus ou moins 2- items, Miller, 1956). La mémoire à long terme est, au contraire, un vaste lieu de stockage contenant des informations pour une durée de rétention illimitée. Selon Anderson (1983), cette mémoire à long terme serait elle-même décomposable en deux sous-systèmes fonctionnels : la mémoire explicite et la mémoire implicite. La mémoire explicite ou déclarative permettrait le rappel conscient de faits et d'événements, alors que la mémoire implicite ou procédurale (encore appelée "non déclarative") serait engagée dans la récupération non nécessairement consciente d'un ensemble hétérogène d'informations. Chacun de ces sous-systèmes mnésiques serait encore décomposable en modules distincts. Nous ne présenterons pas ici plus finement les distinctions entre les modules de la mémoire implicite, nous intéressant plutôt aux sous-systèmes de la mémoire explicite dont un module serait dévolu au stockage des connaissances sémantiques et l'autre au stockage des connaissances épisodiques.

I.1.2. Distinction entre mémoire épisodique et mémoire sémantique

Tulving (1972, 1984, 1985, 1987, 1995) a consacré l'ensemble de ses travaux à la distinction des deux sous-systèmes de la mémoire explicite : la mémoire épisodique et la mémoire sémantique. Aujourd'hui, cette conception reste la plus classiquement utilisée en neuropsychologie de la mémoire (Eustache, Desgranges, Guillery, et Lebreton, 2000). La mémoire épisodique contiendrait les événements vécus par le sujet et inscrits dans un contexte spatio-temporel. Ce serait la mémoire du souvenir. La récupération des informations au sein de cette mémoire biographique serait nécessairement délibérée et s'effectuerait par le processus d'ecphorie synergétique sur la base d'informations contextuelles : les indices contextuels permettraient de récupérer en mémoire l'ensemble des traces mnésiques s'y rapportant en entrant en résonance avec eux. La mémoire sémantique contiendrait, quant à elle, les connaissances relatives au savoir. Plus ou moins abstraites, ces connaissances seraient récupérables de façon automatique et seraient acontextualisées. Contrairement aux connaissances contenues dans la mémoire épisodique, les connaissances en mémoire sémantique ne seraient pas susceptibles d'oubli en l'absence de pathologie²³.

Ainsi définies, il semble évident que mémoire épisodique et mémoire sémantique diffèrent clairement. Pourtant, cette distinction n'a pas été aisée à établir, et ce en raison de nombreuses similitudes entre ces deux sous-systèmes. Par exemple, tous deux ont une capacité de stockage illimitée et encodent des connaissances multimodales. Ces deux sous-systèmes de mémoire entretiennent également des relations procédurales les conduisant à se regrouper partiellement. Notamment, lors de l'encodage, les deux sous-systèmes s'activent de façon sérielle : toute information stockée dans la mémoire sémantique passerait initialement par la mémoire épisodique, mais il reste difficile de situer la frontière entre les deux. Par ailleurs, concernant le lieu de stockage, il est parfois difficile de décider si une connaissance est contenue dans le sous-système épisodique ou dans le sous-système sémantique. Les événements du 11 septembre 2001 sont une illustration de cette difficulté : indéniablement stockés en mémoire sémantique (connaissances sur le monde), ils relèvent aussi vraisemblablement de la mémoire épisodique (rôle de l'impact émotionnel, aspect peu pris en compte dans ces modèles). Ainsi, tant pour l'encodage que pour le stockage, la dissociation entre les deux sous-systèmes est moins évidente qu'il ne paraît.

Cette conception modulaire de la mémoire explicite s'appuie principalement sur des données neuropsychologiques provenant de patients amnésiques. Pour ces patients, la mémoire épisodique est altérée alors que la mémoire sémantique est préservée. Les performances obtenues par ces patients dans des tâches impliquant la mémoire épisodique, telles que le rappel libre, le rappel indicé ou des épreuves de reconnaissances, sont moins bonnes que celles obtenues par des sujets contrôles ; alors que dans des épreuves de fluence verbale ou de vérification d'énoncés, où il s'agit de faire appel à des connaissances sémantiques, les performances des deux groupes sont

²³ Nous verrons en effet au cours du chapitre III que la Démence de Type Alzheimer (DTA) affecte particulièrement les connaissances sémantiques.

similaires (Tulving, Schacter, McLachlan & Moscovitch, 1988 ; O'Connor, Butters, Miliotis, Eslinger & Cermak, 1992 ; Wheeler & McMillan, 2001). Par ailleurs, ces deux sous-systèmes mnésiques semblent être affectés de façon différente par le vieillissement. La mémoire épisodique semble en effet particulièrement sensible au vieillissement alors que la mémoire sémantique serait préservée plus longtemps (Baekman, Small & Wahlin, 2001).

Mais cette conception multi-systèmes de la mémoire se trouve confrontée à des critiques. La distinction entre mémoire à long terme et mémoire à court terme a, par exemple, été remise en question par des auteurs considérant la mémoire à court terme comme une partie de la mémoire à long terme (cette idée est notamment illustrée par le modèle de mémoire unitaire développé par Cowan, 1988). De plus, nous avons vu que la distinction mémoire épisodique – mémoire sémantique n'apparaît pas toujours évidente.

I.2. Conception unitaire : les connaissances sémantiques recomposées

En réaction à ces observations, depuis quelques années, une alternative a été proposée : une mémoire conçue comme un système unique rattaché à la notion de trace. Cette conception propose l'existence d'une mémoire unitaire, composée de l'ensemble des enregistrements des stimulations primaires se produisant lors de chaque épisode d'apprentissage (Rousset, 2000). Selon cette conception, les différents aspects de la mémoire -considérés comme stockés dans des sous-systèmes distincts selon la théorie multi-systèmes- seraient tous de nature épisodique.

La distinction entre connaissances sémantiques et épisodiques ne serait donc pas la conséquence d'une dichotomie de systèmes, mais serait définie par le nombre de dimensions (ou traces) qui entreraient en résonance avec l'indice de récupération. Si l'indice n'a de similarité qu'avec un seul épisode, il sera alors évoqué nécessairement selon son contexte spécifique (on rejoint alors la dimension "épisodique"). Par contre, si l'indice de récupération active beaucoup d'épisodes en relation, alors il fera émerger une connaissance sans contexte spécifique.

Nous proposons d'illustrer ce principe par la présentation du fonctionnement du modèle MINERVA 2 proposé par Hintzman (1984). Il est important de se rappeler que, au sein des modèles inspirés de la conception unitaire, il est possible de distinguer deux types de modèles : les modèles dits "à traces" (dont MINERVA 2 est un représentant) et les modèles "par exemplaires". Aussi, la présentation de ce modèle ne constitue-t-il qu'un exemple et non un principe général de fonctionnement des modèles issus de la conception unitaire.

Ce modèle non abstrait suppose que le système mnésique ne fonctionne pas à partir d'unités sémantiques, mais à partir de stimulations élémentaires appelées encore *traits*, *dimensions* ou *primitives*. Chaque nouvel épisode vécu se matérialise sous la forme d'un vecteur composé des valeurs des différentes cellules des aires primaires au moment de l'événement (valeurs possibles : -1,0,1 respectivement pour absent, non pertinent ou présent). Sur la Figure 11 représentant l'architecture de ce modèle, les lignes correspondent aux différents épisodes vécus et, à partir des colonnes, on retrouve toutes les valeurs prises par une dimension lors des différentes expériences du sujet.

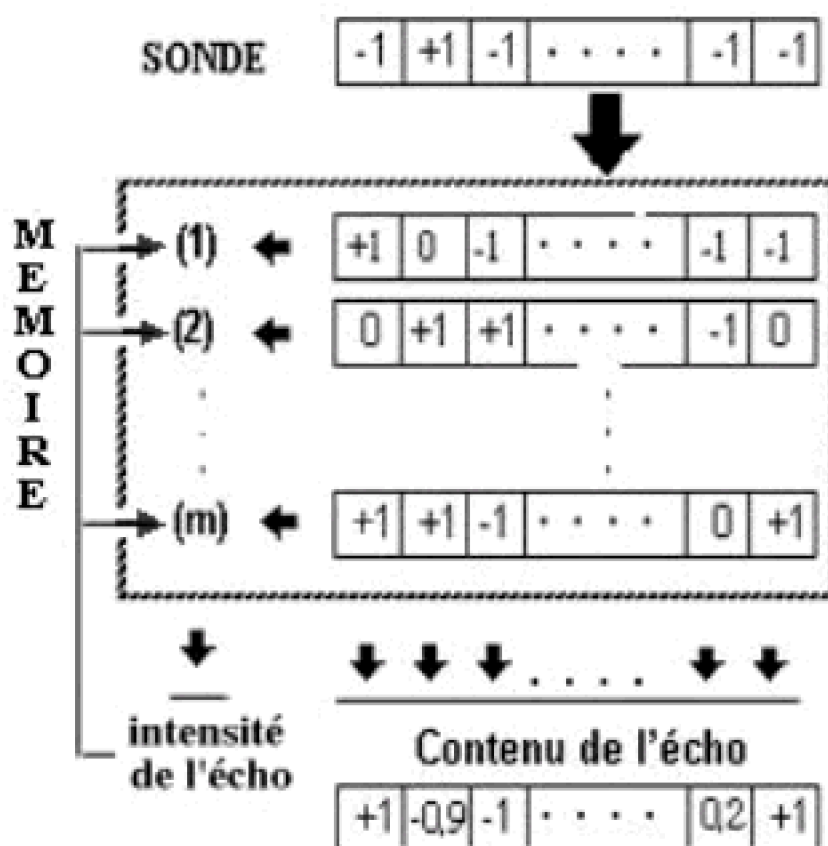


Figure 11 — Schéma du principe de MINERVA II : la sonde génère pour chacune des traces en mémoire une valeur d'activation (valeur entre parenthèses à gauche de chacune des traces). À partir de ces valeurs, l'intensité de l'écho est calculée puis redistribuée pour chaque trace de manière pondérée. Ces traces servent alors à générer le contenu de l'écho.

Ainsi, accéder à une connaissance consisterait à sonder la mémoire avec l'épisode de récupération que les auteurs nomment *sonde* (qui serait elle-même représentée sous forme d'un vecteur) et à recréer une nouvelle configuration de stimulations. Ce processus s'effectuerait donc en deux étapes successives. Lors de la première, chaque trace contenue en mémoire serait activée en fonction de sa similarité avec la sonde (l'activation d'une trace est donc liée au nombre de traits qu'elle partage avec la sonde). Un degré d'activation serait alors associé à chacune de ces traces. La deuxième étape consisterait à calculer la somme de ces activations générées par le passage de la sonde et à redistribuer de façon pondérée cette activation dans les traits de chacune des traces stockées en mémoire (l'auteur parle de *redistribution* de l'activation). L'ensemble de ces traces activées puis modifiées permettrait ensuite le calcul d'un nouvel état de cellules qui constituera l'*écho* (ou *évocation*). L'intensité de écho est considérée comme un indicateur de la familiarité entre l'épisode de récupération et les épisodes contenus en mémoire à long terme.

L'émergence des connaissances sémantiques (donc acontextualisées) à partir d'un ensemble de connaissances épisodiques serait due à la multiplicité des traces activées

par la sonde. Lorsque la sonde est similaire à un grand nombre de cas -et non pas spécifiquement à une seule trace-, un grand ensemble de traces contribue au calcul de l'écho. À l'issue du calcul, cet écho sera composé des caractéristiques communes à ces différentes traces, alors que les entités discordantes entre ces traces auront eu tendance à s'annuler. Ainsi, il serait possible d'évoquer les caractéristiques générales d'un objet sans se souvenir des caractéristiques de chaque épisode de rencontre (Rousset, 2000).

Bien que ce modèle suscite de nombreuses interrogations (nature des entités permettant de caractériser les traces mnésiques, quantité requise pour une description fidèle de l'épisode...), il pose le principe de base de tous les modèles unitaires : les connaissances sémantiques ne seraient pas contenues dans un lieu de stockage particulier, mais émergeraient de la combinaison particulière de traces mnésiques. Actuellement, les modélisations théoriques se rapprochent de plus en plus de cette conception unitaire. Mais l'idée même de l'existence des connaissances sémantiques n'est pas remise en cause par ce changement de cap théorique. C'est ce que relèvent Eustache et al. (2000, p. 22) ***“Il existe aujourd’hui de nombreux arguments cognitifs et neurobiologiques à l’appui des conceptions multi-systèmes de la mémoire. À notre avis, cette réalité doit constituer un préalable à toute théorie unifiée de la mémoire humaine”***.

I.3. Illustration de ces deux conceptions de la mémoire

Les deux conceptions de la mémoire que nous venons de présenter ont donné lieu à différents modèles théoriques. Ces modèles varient quant à la nature de l'unité mnésique stockée en mémoire mais aussi sur le plan des processus impliqués dans les activités de catégorisation.

La conception multi-systèmes de la mémoire est représentée par de nombreux modèles théoriques que nous proposons de regrouper en deux grandes classes : les modèles en réseaux et les modèles par combinaison de traits.

Les modèles en réseaux reposent sur le principe suivant : les concepts sont représentés en mémoire sémantique comme des unités indépendantes (*noeuds*) pouvant être interconnectées par des liens (*arcs*). D'un point de vue fonctionnel, de tels modèles décrivent la récupération d'une information en mémoire sémantique par un processus de récupération d'un lien déjà stocké. Par exemple, la vérification de l'énoncé “un canari est un oiseau” nécessiterait la récupération en mémoire d'un lien entre l'unité de connaissance concernant les oiseaux et l'unité correspondant au canari, puis la confrontation de ce lien avec celui proposé dans l'énoncé. En d'autres termes, la distance sémantique entre deux concepts est évaluée à partir d'un processus de *recherche* et de *découverte* de l'information en mémoire guidé par la structure du réseau sémantique. L'organisation de ce réseau de connaissances a tout d'abord été décrite comme hiérarchique. Un des premiers modèles s'inscrivant dans cette perspective (Collins & Quillian, 1969) a en effet défendu l'idée que les noeuds étaient organisés de manière taxonomique, l'appartenance catégorielle d'un objet étant représentée par un arc entre une unité objet et une unité catégorie, celle-ci elle-même reliée par d'autres arcs à la représentation d'une catégorie supra-ordonnée. Cette organisation hiérarchique du

réseau fut ensuite remise en question (Collins & Loftus, 1975) : les relations entre les noeuds du réseau ne seraient pas seulement de type hiérarchique, mais reflèteraient aussi, et principalement, d'autres types de relations sémantiques. Cela rend possible la représentation de la notion de distance sémantique. Par exemple, dans les modèles les plus anciens, rien ne relierait l'unité *voiture de pompier* et l'unité *pomme*, alors que cela est désormais possible par la représentation du double lien entre ces concepts et l'unité *rouge*.

Les modèles par combinaison de traits défendent que les concepts sont définissables par une liste de caractéristiques ou traits (ou encore propriétés). Dans ce type de modèle, un rôle central est donc donné aux attributs des objets qui déterminent l'organisation des connaissances en mémoire sémantique. Dans un des premiers modèles de ce type (Smith, Shoben & Rips, 1974), les traits associés à une catégorie variaient quant à leur importance pour la définition de celle-ci. Ainsi, une distinction était faite entre les traits *définitoires* (jugés comme nécessaires et suffisants pour la description de la catégorie) et les traits *occasionnels*. Contrairement aux modèles précédents, les modèles par traits décrivent la récupération d'une information en mémoire sémantique non plus par un processus de récupération mais par un processus de *comparaison*. Ainsi, si l'on considère le même énoncé "un canari est un oiseau", sa vérification consisterait à comparer la liste des attributs reliés au concept "oiseau" à celle reliée au concept "canari" pour déterminer si elles concordent. La force de la relation entre ces deux concepts découlerait de cette comparaison entre les deux ensembles de traits. De ce fait, le temps de vérification de l'appartenance catégorielle de deux exemplaires est susceptible de varier, ce qui est un moyen de rendre compte de la typicalité de l'exemplaire (notion sur laquelle nous reviendrons plus loin).

La rupture entre les deux familles de modèles que nous venons de décrire et les modèles inspirés de la théorie unitaire est marquée par le changement de la façon de décrire la nature de l'unité mnésique. Dans les modèles précédents, un concept abstrait (e.g., animal) est stocké et récupérable en tant qu'unité, alors qu'il est considéré comme une entité abstraite émergeant temporairement à partir d'une activation d'épisodes variés dans les modèles inspirés de la conception unitaire.

Nous proposons de différencier deux familles de modèles inspirés de cette conception unitaire : les modèles par exemplaires et les modèles par traces dont nous avons déjà vu un exemple à travers la présentation du modèle MINERVA 2 d'Hintzman (1984) (voir partie I. 2. sur la conception unitaire). Cette distinction correspond à une évolution historique.

Les modèles par exemplaires postulent que les catégories sont définies à partir d'un ensemble d'expériences particulières (ou exemples). Ces exemples de nature épisodique seraient codés indépendamment les uns des autres en mémoire. Ils seraient contextualisés et multi-dimensionnels. Chacun de ces exemples serait représenté par une configuration particulière d'attributs. D'un point de vue fonctionnel, le traitement catégoriel d'un objet engagerait des procédures relevant à la fois de la *récupération d'exemples* et de la *comparaison*. Ainsi, pour reprendre notre énoncé "un canari est un oiseau", ce modèle postule que le mot "oiseau" agirait comme un signal de récupération permettant de retrouver l'ensemble des représentations d'exemples s'y rapportant. Ceux-ci étant

eux-mêmes représentés par des configurations particulières d'attributs, la procédure d'évaluation de cet énoncé consisterait à effectuer une comparaison entre chaque attribut du stimulus (c'est-à-dire "canari") et chaque attribut des différents exemples de la catégorie oiseau.

Les modèles par traces proposent de représenter la mémoire par une matrice composée de multiples vecteurs (ou traces) représentant chacun une expérience vécue avec un objet ou un événement²⁴. Ce type de modèle est proche de la famille de modèles par exemplaires dans le sens où les informations encodées sont épisodiques, localisées et multidimensionnelles. La principale différence entre les modèles par exemplaires et les modèles par traces réside dans le fait que, dans les modèles par traces, toutes les traces encodées peuvent être recrutées *en parallèle* lors d'une recherche d'information en mémoire²⁵.

Actuellement, le connexionisme est la méthode la plus couramment utilisée pour implémenter ces différents modèles. On ne peut pas véritablement parler de "modèles connexionnistes" (même si l'expression est parfois rencontrée dans la littérature) car il ne s'agit pas d'une famille indépendante de modèles mais plutôt d'une manière de les faire fonctionner. D'un point de vue architectural, le principe connexionniste propose de représenter la mémoire comme un vaste réseau d'unités interconnectées par des liens pondérés. L'activation de ces unités serait comparable à celle des neurones humains (ces unités sont d'ailleurs parfois nommées *neurones formels*). La mémoire serait ainsi distribuée. Ces unités seraient plus ou moins excitables, leur activation étant sous-tendue par le dépassement d'un seuil d'excitabilité. Dans les réseaux de neurones, l'apprentissage se réalise sur la base des exemples, en suivant des règles qui peuvent être, par exemple, celle de la rétropropagation de l'erreur. La survenue d'un événement ou d'un objet correspondrait à une configuration d'activation transitoire particulière. Ce caractère transitoire permet aux unités de ce même réseau de servir rapidement à représenter d'autres objets. Ainsi, il n'y a pas de stockage véritable, ni du concept, ni de l'exemple. La reconnaissance d'objet est permise par le rétablissement de la configuration lors de la survenue d'un événement semblable. Plus une série de configurations proches a eu fréquemment l'occasion de se créer (c'est le cas si beaucoup d'exemplaires d'une même catégorie sont rencontrés), plus le poids des relations entre unités formant ce pattern d'activation augmente, favorisant ainsi l'émergence d'une configuration adéquate et stable lorsqu'il s'agira de reconnaître un nouvel exemplaire de cette même catégorie. Le rôle de la fréquence est donc central.

Les travaux de Puzenat et collaborateurs (Puzenat, 1997 ; Reynaud & Puzenat, 2001) permettent d'illustrer cette approche connexionniste et mettent en évidence que les recherches actuelles tendent à rassembler ces différentes approches. Ces auteurs ont en effet pour objectif de modéliser le fonctionnement de la mémoire associative, un

²⁴ Toutefois, comme le note Nevers (2000), tous les modèles par traces ne représentent pas l'architecture de la mémoire par une matrice. Pour Logan (1988), la mémoire est une configuration de traits, pour Murdock (1982) elle est un vecteur unique composite...

²⁵ Pour rappel, le modèle MINERVA 2 présenté dans la partie I.2. est un modèle de ce type. Le passage de la sonde à travers la mémoire illustre ce traitement parallèle.

sous-système mnésique du modèle computationnel de la mémoire proposé par Kosslyn et Koenig (1992). L'architecture de ce modèle est donc inspirée d'une conception multi-systèmes : le processus mnésique global est distribué entre plusieurs sous-systèmes qui réalisent des opérations de plus ou moins haut niveau. Dans ce modèle, la mémoire associative aurait pour fonction de réunir le résultat de ces différents processus. Puzenat propose de rapprocher le fonctionnement de ce sous-système de celui d'un modèle par exemplaires : dans cette mémoire, les concepts sont représentés par différents exemplaires. Le fonctionnement de ce "sous-système par exemplaires" reposerait sur un principe connexionniste. Sans entrer dans des détails techniques complexes (il faudrait alors évoquer l'architecture des réseaux connexionnistes utilisés, pour cela voir Reynaud, 2002), chaque concept serait représenté par une configuration particulière du réseau connexionniste.

II. CRITÈRES ORGANISATEURS DES CONNAISSANCES SÉMANTIQUES

A travers la présentation de quatre types de modèles, il apparaît que les critères organisateurs supposés régir la structure de la mémoire et/ou son fonctionnement sont variables. Nous venons d'insister sur le rôle crucial de la fréquence pour la reconnaissance d'objet dans les principes de modélisation connexionniste, alors que l'appartenance catégorielle et la hiérarchie sont organisatrices de la structure des connaissances en mémoire pour les modèles issus de la conception multi-systèmes. Ces divers critères seront maintenant tour à tour argumentés. Ainsi, nous pourrions apprécier la pertinence de chacun de ces trois critères que nous serons amenés à utiliser (en les affinant) dans nos expériences.

II.1. Organisation selon la notion de fréquence

L'étude des conséquences de la fréquence d'occurrence sur la représentation des connaissances sémantiques en mémoire est un point d'investigation actuel. Comme le rapportent Simons, Graham, Owen, Patterson et Hodges (2001), la familiarité que nous entretenons avec un objet particulier (ici, la variable familiarité peut être assimilée au facteur fréquence) se matérialise par une activité cérébrale différente lorsque nous observons cet objet. Dans cette étude réalisée par tomographie par émission de positons, l'activation du cortex préfrontal ventro-latéral gauche est en effet spécifique d'un traitement de stimuli familiers alors que l'activation du cortex occipital l'est pour le traitement des stimuli non familiers. La présentation d'images différentes représentant un même objet a également pour particularité d'augmenter le débit sanguin dans le cortex temporal inférieur gauche.

Des études en neuropsychologie confirment l'importance de la fréquence dans les performances des sujets. Il est par exemple classiquement reconnu que le traitement des mots de basse fréquence pose plus de difficultés pour les patients atteints de Démence de Type Alzheimer (DTA) (Hodges, Salmon & Butters, 1992 ; Chertkow, Bub & Caplan, 1992 ; Goldstein, Green, Presley & Green, 1992 ; Montanes, Goldblum & Boller, 1995).

La question de la fréquence peut s'étudier à deux niveaux, selon qu'il s'agit de la fréquence d'apparition *d'un même objet* ou bien de la fréquence de rencontre *de plusieurs exemplaires d'une même catégorie*. Ces deux aspects seront abordés tour à tour dans les paragraphes suivants : nous distinguerons les conséquences de la répétition d'un même objet (fréquence de rencontre d'un objet) pour sa reconnaissance et les effets engendrés par la présentation de différents exemplaires d'une catégorie (fréquence de rencontre d'exemplaires appartenant à la même catégorie) pour la décision de son appartenance catégorielle.

II.1.1. Importance de la fréquence de rencontre d'un objet pour sa reconnaissance

Il apparaît que la reconnaissance d'un item est liée à la fréquence de présentation de cet objet : plus il sera rencontré, plus sa reconnaissance sera facilitée. Les modèles de reconnaissance de mots ainsi que les modèles de reconnaissance d'objets, qui peuvent être considérés comme des modèles d'accès au système sémantique, prennent d'ailleurs en considération cette observation plus ou moins directement.

Reconnaissance de mots — Dans les modèles de reconnaissance de mot, la fréquence d'occurrence des mots est connue depuis longtemps comme l'un des facteurs les plus marquants pour les performances en lecture : les effets de fréquence sont décrits comme à la fois "massifs et robustes" (pour une revue, voir Monsell, 1991). Tout modèle de reconnaissance de mot s'est donc imposé de rendre compte de cet effet. Si l'on accepte de répartir les modèles en trois groupes (les modèles basés sur les "détecteurs de mots", les modèles de recherche sérielle et les modèles de type connexionniste), on retrouve chez chacun une façon très différente de rendre compte des effets de fréquence.

D'après les modèles à détecteurs de mots (par exemple le modèle des logogènes de Morton, 1969), le lexique serait composé d'unités fonctionnant chacune comme un détecteur spécifique à un mot (c'est-à-dire un logogène) et dont le niveau d'activation varie dans le temps. Donnant lieu à la reconnaissance de mot lorsque son seuil d'activation est dépassé (que ce soit par des informations visuelles, phonologiques, voire même sémantiques et issues du contexte), un logogène pourrait être doté d'un seuil d'activation particulièrement bas lorsqu'il correspond à un mot fréquemment rencontré (voir par exemple Coltheart, Davelaar, Jonasson & Besner, 1977, cité par Monsell, 1991). Dans des approches plus récentes comme les modèles d'activation interactive (McClelland & Rumelhart, 1981), les unités-mots sont bidirectionnellement reliées à des unités plus petites (unités-lettres), mais leur niveau d'activation reste en partie déterminé par cette fréquence, selon le même principe.

Dans les modèles de recherche sérielle, en revanche, la fréquence des mots est considérée comme organisatrice des unités lexicales : lors de la tentative de reconnaissance de mot, le stimulus serait successivement comparé à toutes les unités lexicales, dans un ordre déterminé par la fréquence des mots (Forster, 1976, cité par Monsell, 1991). Dans le souci d'être plus réalistes, des modèles hybrides (Monsell (1991) cite, par exemple, les modèles d'activation-vérification proposés par Schvaneveldt et McDonald (1981) ; Paap, Newsome, McDonald et Schvaneveldt (1982) ; Paap, McDonald,

Schvaneveldt et Noel (1987)) proposent simplement qu'une première étape d'activation rapide et exercée en parallèle permet la délimitation d'un petit ensemble de candidats, faisant ensuite l'objet d'une série de vérifications dans un ordre déterminé par la fréquence lexicale des candidats. Nous pouvons remarquer que chacun de ces modèles ne fait qu'essayer de rendre compte après coup des effets de fréquence et aucun ne confère aux effets de fréquence un rôle intrinsèquement structurant et essentiel à l'architecture du modèle. Comme le souligne Monsell (1991), de tels modèles pourraient tout à fait fonctionner même si les effets de fréquence n'existaient pas.

Or, ce n'est pas le cas des "modèles connexionnistes" de reconnaissance de mot. Le principe des modèles d'apprentissage connexionnistes est d'apprendre des configurations d'activation en fonction des expériences qu'ils en ont et leur capacité à répondre à une certaine configuration dépend du degré auquel ils ont appris la relation entre les parties de cette configuration. Les mots rares diffèreraient des mots fréquents par leur degré d'acquisition. Dans ces modèles de type PDP (voir par exemple Seidenberg & McClelland, 1989), le but de la simulation est de faire en sorte que, à la présentation d'une configuration orthographique, une configuration appropriée se réalise sur les unités de sortie (output units). Pour cela, le système est entraîné sur des configurations orthographiques toujours en association avec des configurations phonologiques et des configurations sémantiques. Apprendre à identifier, pour ces modèles, c'est apprendre quels éléments co-apparaissent dans les configurations d'entrée pour ces différents domaines simultanément. Au cours de l'apprentissage, les connexions se renforcent entre les unités représentant des éléments qui ont déjà été co-activés. Cette règle d'apprentissage des modèles connexionnistes est dérivée de la loi de Hebb : lors de la présentation d'un mot, les unités des trois modules entrant en activité simultanément s'associeraient (c'est-à-dire que les contacts synaptiques reliant les unités ayant des valeurs d'activation proches seraient renforcés par une augmentation du poids des connexions, alors que le poids des connexions des unités ayant des valeurs d'activation différentes serait réduit). Ainsi, lorsque ce même item sera représenté au système, la réponse sera plus rapide. La rapidité de traitement est donc liée à la fréquence de présentation de l'item. On peut noter que les modèles actuels (par exemple, le modèle interactif de la résonance proposé par Bosman et van Orden, 1998) repose sur ce même principe. La présentation d'un mot écrit active des noeuds correspondant aux lettres, activant simultanément des noeuds phonémiques et sémantiques. Lorsqu'une configuration d'activation à un certain niveau (par exemple celui des lettres) est souvent présente simultanément à une autre configuration d'un autre niveau, il y aurait alors création d'un pattern particulier d'activation dont la cohérence augmenterait et qui se stabiliserait dans le temps.

Les répétitions permettraient au système de prendre une forme de plus en plus stable et de reprendre cet état de façon plus rapide. Le rétablissement plus rapide et plus complet d'une configuration qui a été apprise permettrait alors une meilleure identification. L'apprentissage se manifesterait par le fait que la présentation d'une partie seulement de la configuration déjà rencontrée suscite l'activation ou l'inhibition appropriée des unités correspondant aux parties manquantes. Le système apprend de façon primordiale et continue. Pour les modèles connexionnistes, les effets de fréquence sont donc

indissociables de cet apprentissage et ne sont plus simplement pris en compte de façon ad hoc, comme c'est le cas dans les autres modèles.

Reconnaissance d'objets — Cet effet facilitateur de la fréquence de rencontre d'un objet pour sa vérification est également reconnu dans les modèles de reconnaissance d'objets. À titre d'exemple, nous considérerons uniquement le modèle de "reconnaissance par les composantes", proposé par Hummel et Biederman (1992). Selon ces auteurs, tous les objets du monde sont représentables par un ensemble d'unités volumétriques (*géons*). L'arrangement spatial particulier de 24 géons suffirait pour décrire tous les objets existant, de la même façon qu'un nombre fini de phonèmes permet de décrire tous les mots d'une langue. Ce modèle computationnel fonctionne en cascade et propose que la reconnaissance d'un objet se réalise en sept étapes successives. Autrement dit, l'accès à la représentation d'un objet serait sous-tendu par la reconstruction de la forme à partir de ces entités discrètes. Cette construction passerait par la reconnaissance des géons utilisés, par l'analyse de la jonction, des bords et de la structure globale de la forme, par la prise en compte des propriétés invariantes des géons (axe de courbure par exemple), par la prise en compte de la position et de la taille des géons les uns par rapport aux autres. Ce modèle prédit qu'un objet sera identifié plus rapidement si ses composantes ont été pré-activées par une présentation préalable. C'est d'ailleurs ce que ces auteurs confirment de façon expérimentale (Biederman & Cooper, 1991) : chez les sujets adultes, l'amplitude de l'amorçage pour des images d'objets composés de mêmes géons est plus forte que lorsque les objets utilisés ont le même nom mais ne sont pas construits à partir des mêmes géons.

La fréquence semble donc avoir un rôle particulièrement important dans la reconnaissance des objets : la multiplication des rencontres *avec un objet spécifique* favorise directement sa reconnaissance. Mais ces effets de fréquence ne sont pas les seuls décrits. La fréquence semble également jouer un rôle dans la détermination de l'appartenance catégorielle d'objets jamais rencontrés. Plus précisément, la rencontre plus ou moins fréquente *de différents exemplaires d'une même catégorie* influencerait l'établissement de l'appartenance catégorielle d'un nouvel objet.

Les notions telles que la *typicalité*, la *similarité*, ou la *banalité* ont été développées par différentes approches théoriques pour rendre compte de ce phénomène. Après avoir développé ces points de vue, nous nous attacherons à démontrer la pertinence d'une nouvelle notion (la *spécicalité*) permettant de quantifier judicieusement les liens existant entre les connaissances conceptuelles en mémoire.

II.1.2. Importance de la fréquence de rencontre d'exemplaires d'une même catégorie pour l'appartenance catégorielle d'un nouvel objet

Selon la théorie prototypique, chaque concept serait stocké au sein de notre mémoire sémantique en une liste de traits ou caractéristiques (ou encore propriétés) le décrivant. À partir de ces différentes descriptions, une représentation abstraite (*prototype*) serait construite, pour chaque catégorie, en rassemblant les propriétés les plus largement partagées par les membres de cette catégorie. La fréquence de rencontre d'exemplaires d'une catégorie serait directement liée à la stabilité du prototype en mémoire : plus il serait

construit à partir de multiples exemples, plus sa représentation en mémoire serait robuste. Ceci a été démontré expérimentalement par Homa, Sterling et Trepel (1981). Leur expérience consiste en une tâche de catégorisation dans laquelle des sujets ont pour consigne de classer des figures géométriques variant selon la taille en trois catégories. Dans la première phase de l'expérience (phase d'apprentissage), les sujets jugeaient l'appartenance catégorielle de 35 figures : 20 exemplaires appartenant à la première catégorie (A), 10 exemplaires relevant de la catégorie B et 5 exemplaires représentant la catégorie C. Ces 35 figures de la phase d'apprentissage étaient construites à partir de la distorsion du prototype de chacune des catégories. En cas d'erreurs de jugement (fréquentes au début de l'apprentissage car aucune règle de classement n'était a priori donnée aux sujets), la réponse correcte était indiquée au sujet. La phase d'apprentissage était jugée suffisante lorsque moins de deux erreurs étaient produites. Au cours de la deuxième phase de l'expérience (phase test), les sujets étaient invités à effectuer le même type de décision, sur des exemplaires déjà présentés dans la phase d'apprentissage, sur de nouveaux exemplaires construits sur les mêmes principes de distorsion que les stimuli anciens, sur les prototypes à partir desquelles ces formes étaient dérivées et sur des formes construites de manière aléatoire. Les résultats montrent que (1) les décisions concernant l'appartenance catégorielle des prototypes sont liées au nombre d'exemplaires présentés dans la phase d'apprentissage. Dans les deux expériences de cette étude, les performances de jugement du prototype de la catégorie A sont en effet significativement meilleures que celles obtenues sur le jugement du prototype construit à partir de 5 exemplaires (catégorie C) et (2) les sujets jugent plus correctement l'appartenance catégorielle des prototypes que celle des exemplaires nouveaux et ceux des exemplaires déjà vus dans la phase d'apprentissage. On peut noter que lorsque la phase test est séparée d'une semaine de la phase d'apprentissage, le bénéfice des prototypes est conservé. Ainsi, la présentation plus ou moins fréquente d'exemplaires particuliers permet la formation d'un prototype plus ou moins "fiable" et c'est ce prototype qui représente la catégorie et non pas les exemplaires qui la composent.

La similarité — Pour la *théorie prototypique*, la fréquence, n'est pas directement organisatrice de la structure de stockage des informations (nous verrons plus tard que celle-ci est supposée hiérarchique), mais elle permet l'enrichissement du prototype, élément prépondérant pour déterminer l'appartenance catégorielle de nouveaux objets. C'est à partir du calcul de la distance séparant le prototype du nouvel exemplaire que serait déterminée l'appartenance catégorielle d'un nouvel objet. Ainsi plus la *similarité* entre le prototype et l'objet serait élevée, plus cet objet serait susceptible d'appartenir à cette catégorie et d'en être plus ou moins typique. Dans ce type de modèle, le calcul du degré de similarité consiste à effectuer la somme des traits communs entre le prototype et l'objet présenté. Il s'agit donc d'une règle de calcul additive.

Pour les *modèles par exemplaires*, la décision de l'appartenance catégorielle d'un objet repose également sur ce calcul d'un degré de similarité. Cependant, deux différences fondamentales sont à souligner : les éléments à partir desquels le calcul de la similarité est effectué ainsi que les règles de calcul diffèrent. Pour rappel, cette approche considère que la mémoire stocke l'ensemble des exemplaires que nous rencontrons. Chacun de ces exemplaires serait décrit suivant de multiples caractéristiques en mémoire,

mais aucun prototype ne serait construit à partir de ces attributs. Dès lors, si la question de l'appartenance catégorielle d'un objet se posait, la similarité ne serait plus calculée entre un prototype et un objet mais entre les attributs de cet objet et tous les attributs des exemplaires des catégories stockés en mémoire. La similarité entre deux traits définissant les objets aurait une valeur continue entre 0 et 1 (1 signifiant une similarité maximale). Ainsi, on obtiendrait un degré de similarité locale pour chacun des traits comparés. Le calcul de la similarité globale ne serait alors pas effectué selon une règle additive mais multiplicative : les différentes valeurs attribuées à chacun des traits seraient multipliées. Ainsi, un degré de similarité nul rendrait également nulle la similarité globale. Cette méthode de calcul semble particulièrement pertinente lorsqu'il s'agit de décider de l'appartenance catégorielle de deux objets particulièrement similaires d'un point de vue structural. Par exemple, si l'on considère un mannequin et un être humain, la règle additive de calcul de la similarité conduirait à conclure de l'équivalence de ces deux objets (ils partagent en effet une grande liste de traits communs) pourtant nous parvenons à les différencier assez rapidement. La règle multiplicative utilisée par le modèle de Medin et Schaffer (1978) parvient à rendre compte de ce phénomène. Cette règle sera rapidement complétée par d'autres modèles par exemplaires tels que celui proposé par Nosofsky (1986) qui enrichit ce calcul en tenant compte du fait que, selon les individus, les dimensions définissant les objets seraient plus ou moins saillantes et retiendraient plus ou moins l'attention. Estes (1986) propose également une autre méthode de calcul de la similarité en prenant en compte les valeurs de similarité lorsqu'il y a appariement mais également les valeurs de similarité lorsqu'un trait n'appartient qu'à un seul des exemplaires comparés.

Evolution du concept de similarité vers la spécificité — Si l'on reconsidère les résultats obtenus par Homa, Sterling et Trepel (1981), nous avons vu que la représentation en mémoire du prototype était d'autant plus fiable qu'il était construit à partir de multiples exemplaires. Mais il ne s'agissait pas, dans cette expérience, de la présentation du même exemplaire. Aussi, il est possible que ce ne soit pas tant le *nombre* de stimuli présentés qui ait influencé la stabilité de la représentation en mémoire du prototype mais plutôt la *diversité* des exemplaires proposés. L'importance de cet aspect peut être perçue très simplement à travers la comparaison de deux situations dans lesquelles une inférence est à produire à partir de connaissances apprises à propos d'un même nombre d'exemplaires, ceux-ci variant par leur degré de typicalité. Si l'on sait, par exemple, que les autruches et les moineaux partagent la même propriété, la tendance générale est de penser que tous les oiseaux partagent eux aussi cette propriété. Par contre, si l'on sait que cette propriété est partagée par les pinsons et les fauvettes, on a alors tendance à penser que cette propriété concerne une catégorie plus restreinte d'oiseaux (par exemple, les petits oiseaux). C'est ce que théorisent Osherson et al. (1990) avec le développement de la notion de *similarity coverage*. Leurs travaux montrent en effet que les sujets prennent en compte la taille de l'échantillon mais aussi sa diversité pour raisonner et généraliser les informations. Notons toutefois que ce type de raisonnement n'est pas un phénomène universel chez les adultes : Coley et al. (1999) montrent par exemple que le niveau d'expertise des sujets relativise leur spontanéité à l'utiliser (cas des Indiens Itza Maya utilisant plutôt des analogies pour raisonner à propos des mammifères). Cette notion n'est pourtant jamais intégrée dans l'évaluation de la

typicalité.

Pour rendre compte de ces phénomènes, il faudrait que la typicalité ne soit plus uniquement évaluée à partir de la similarité mais également en prenant en considération le fait que les attributs qui définissent un objet appartiennent ou non à d'autres catégories que celles dont l'objet fait partie. Le calcul de la similarité paraissant incomplet, nous pensons pertinent de prendre en considération dans nos expériences un niveau de *spécicalité* (Bedoin, 1992).

La spécicalité recouvre à la fois la notion de spécificité et de typicalité. Elle propose en effet de quantifier la mesure avec laquelle un attribut rend un exemplaire plus ou moins typique de sa catégorie en combinant des *critères intra-catégoriels* (relatifs à la catégorie de l'exemplaire) *et extra-catégoriels* (relatifs à une catégorie incompatible avec celle de l'exemplaire).

Par exemple, si l'on considère l'objet "chauve-souris", cet animal est considéré comme un mammifère peu typique de cette catégorie, principalement en raison du fait qu'il possède un attribut particulièrement rare pour les mammifères (les ailes). La spécicalité rend compte du fait que cet animal possède un statut très particulier pour les mammifères non seulement parce qu'il est rare de rencontrer des mammifères ailés mais aussi parce que cet attribut est général dans une autre catégorie incompatible avec celle des mammifères : les oiseaux. Cet exemple permet de bien distinguer les deux composants de la spécicalité globale d'un attribut pour un objet : la spécicalité intra-catégorielle (le fait que l'attribut "avoir des ailes" est peu présent dans la catégorie des mammifères) et la spécicalité extra-catégorielle (le fait que cette même propriété soit largement présente dans une autre catégorie incompatible avec celle des mammifères). La spécicalité globale d'un attribut α pour un objet a ($S_{\alpha a}$) est calculée en soustrayant la spécicalité extra-catégorielle ($Se_{\alpha a}$) à la spécicalité intra-catégorielle ($Si_{\alpha a}$), comme suit :

$$S_{\alpha a} = Si_{\alpha a} - Se_{\alpha a}$$

La typicalité (T) est calculée par la somme de la spécicalité globale des attributs de l'objet, divisée par le nombre d'attributs (A) pris en compte.

$$T = \frac{(Si_{\alpha a} - Se_{\alpha a}) + (Si_{\beta a} - Se_{\beta a}) + \dots + (Si_{\omega a} - Se_{\omega a})}{A}$$

Des expériences de catégorisation utilisant du matériel composé de formes géométriques ont d'ores et déjà confirmé la validité de cette notion (Bedoin, 1992). La rapidité et l'exactitude de la catégorisation d'objets nouveaux dans deux catégories proposées sont en effet très fortement corrélées à la typicalité de l'objet calculée à partir

de la spécificité, en tout cas davantage qu'elles ne le sont avec l'indice calculé à partir de la formule proposée par Medin et Schaffer (1978) (Devinck, 1999 ; Boyer, Bedoin & Devinck, 2000). La spécificité a également permis de rendre compte de façon efficace de performances dans une tâche de catégorisation de bruits par onomatopées (Bedoin & Dissard, 1992).

On peut noter que lorsqu'il s'agit de catégories naturelles et non plus artificielles, la répartition d'un attribut au sein d'une catégorie ne peut pas être évaluée avec autant de précision. Aussi, dans nos expériences, nous ne calculerons pas précisément une valeur numérique pour chaque attribut manipulé, mais prendrons en considération le degré plus ou moins élevé de la répartition intra- et extra-catégorielle des attributs en procédant à des prétests sur des personnes différentes de celles testées.

II.2. Organisation des connaissances sémantiques selon les catégories des objets

Les études neuropsychologiques apportent des données fondamentales à propos de l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire. Une source particulièrement informative provient de patients présentant des atteintes sélectives d'un type de connaissances relatives à un domaine particulier. Ces cas, référencés dans la littérature comme des "déficits spécifiques", sont souvent la conséquence d'un herpès encéphalite simplex ou de lésions focales consécutives à un traumatisme crânien, mais ils peuvent aussi être observés chez des patients atteints de démence de type Alzheimer (DTA). Classiquement, ces déficits spécifiques se manifestent par une atteinte particulière des connaissances à propos des êtres vivants alors que les connaissances relatives au domaine des artefacts sont préservées. De nombreuses observations de ce type sont référencées par Thompson-Schill, Aguirre, D'Esposito et Farah (1999), (pour la présentation de cas plus récents, voir Fung, Chertkow et Templeman, 2000 ; Fung, Chertkow, Murtha, Whatmough, Peloquin, Whitehead et Templeman, 2001). La dissociation inverse, plus rare, a également été relevée. Pour ces patients, le traitement des informations à propos des artefacts est sélectivement atteint alors que les capacités de traitement à propos des animaux sont maintenues (voir par exemple Moss et Tyler, 2000 ; Ward, 2001).

Ces multiples observations de déficits spécifiques ont tout d'abord été interprétées comme la conséquence de la perturbation de lieux de stockage distincts et circonscrits à des catégories particulières. Des études menées en neuro-imagerie ainsi que des modélisations informatiques ont corroboré cette hypothèse d'organisation catégorielle des connaissances sémantiques en mémoire. Mais, progressivement, une autre explication s'est imposée pour rendre compte des déficits spécifiques et, par là même de l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire. Selon cette hypothèse indirectement catégorielle, les déficits spécifiques ne seraient pas la conséquence d'une désorganisation respectant un principe logique d'opposition entre catégories, mais refléteraient plutôt l'atteinte de types de traits ou attributs particulièrement centraux pour leur description. Plus précisément, des déficits spécifiques pour les animaux résulteraient de la perte d'attributs visuels (les traits perceptifs étant fondamentaux dans cette catégorie), alors que l'intégrité des connaissances relatives aux artefacts serait

dépendante des traits fonctionnels. Une troisième alternative, plus récente, permet de lier les deux propositions précédentes. Elle décrit l'organisation des connaissances sémantiques en termes de réseaux de propriétés reliées, le degré d'intercorrélation de ces traits étant différent selon les catégories. Les déficits spécifiques seraient alors la conséquence de perturbations de ces réseaux.

Dans les paragraphes suivants, nous présenterons tour à tour ces conceptions (organisation catégorielle, organisation selon les types d'attributs, organisation en réseaux de propriétés) et les arguments sur lesquels chacune de ces théories se fonde.

II.2.1. Rôle central de l'appartenance catégorielle

Caramazza et Shelton (1998) reconnaissent dans les cas de déficits spécifiques un argument majeur en faveur d'une représentation séparée des connaissances en grandes catégories sémantiques, sous-tendues par des mécanismes neuronaux distincts. Selon eux, les connaissances sémantiques seraient stockées en mémoire selon trois catégories : celle des animaux, celle des outils et celle des objets naturels (plantes par exemple).

Nous pouvons d'ores et déjà noter que la différence de performances selon le domaine impliqué n'est pas uniquement imputable à un effet de familiarité ou de complexité visuelle du matériel utilisé, comme cela avait été suggéré par de nombreux auteurs (Funnel & Sheridan, 1992 ; Gaffan & Heywood, 1993 ; Capitani, Laiacina, Barbarotto & Trivelli, 1994 ; Lambon Ralph, Graham, Ellis & Hodges, 1998). Car, lorsque ces facteurs sont contrôlés, on observe tout de même une différence dans la configuration des performances pour les animaux et les artefacts (Stewart, Parkin & Hunkin, 1992 ; Job, Miozzo & Sartori, 1993 ; Kurbat & Farah, 1998).

Les déficits spécifiques rapportés dans la littérature ne se manifestent pas toujours par un déficit général du domaine vivant versus non vivant (ou l'inverse) ; ils peuvent en effet être circonscrits à des catégories plus fines. Cependant, ces déficits spécifiques plus restreints respectent toujours des frontières catégorielles. Par exemple, Spitzer, Kwong, Kennedy, Rosen et Belliveau, (1995) rapportent, les observations de Dennis (1976) et Semenza (1988) ayant eu l'occasion de rencontrer des patients présentant un déficit circonscrit aux parties du corps et non pas à toute la catégorie du vivant. Dans le même ordre d'idée, Hillis et Caramazza (1991) présentent le cas d'un patient souffrant d'un sévère déficit pour les connaissances relatives aux animaux, sans que ce déficit n'affecte les connaissances à propos des fruits et des végétaux. Plus récemment Ober et Shenaut (1999) rapportent le cas d'un déficit spécifique aux instruments de musique.

Cette conception de l'organisation catégorielle des connaissances s'accorde avec divers travaux réalisés en imagerie cérébrale chez des sujets ne présentant pas de pathologies particulières, ayant mis en évidence des activations différentes selon les domaines de connaissances impliqués. Ces études varient à la fois dans leurs méthodes (IRMf, TEP, potentiels évoqués...) et dans le type de catégorie étudiée (ce sont souvent des catégories générales, mais parfois aussi des catégories restreintes comme les parties du corps dans l'étude de Le Clec'h, Dehaene, Cohen, Mehler, Dupoux, Poline, Lehericy, van de Moortele & Le Bihan, 2000). Aussi est-il difficile de comparer ces résultats directement entre eux et d'aboutir à un réel consensus sur la localisation des aires

spécifiques au traitement de ces catégories. Toutefois, il apparaît assez nettement que les activations des aires cérébrales ne se recouvrent pas lorsqu'il s'agit de connaissances à propos des animaux ou des artefacts.

Le Tableau 5 propose de référencer, de manière non exhaustive, quelques-unes de ces études réalisées en TEP (Tomographie par Emission de Positons). Cette technique d'imagerie permet de mesurer la concentration d'un traceur métabolique radioactif administré lors de la réalisation d'une tâche cognitive.

	Aires cérébrales activées selon la catégorie impliquée	
	ANIMAL	ARTIFACT
Damasio, Grabowski, Tranel, Hichwa et Damasio (1996)	gyrus temporal inférieur gauche	gyrus temporal postérieur gauche
Martin, Wiggs et Ungerleider (1996)	gyrus lingual lobe occipital médian	zone prémotrice gauche gyrus temporal moyen gauche gyrus frontal inférieur gauche
Mumery, Patterson, Hedges et Price (1998)	gyrus frontal moyen gauche lobe pariétale inférieur droite	gyrus temporal postérieur gauche gyrus parahippocampique gauche
Cappa, Perani, Schum, Tettamanti et Fazio (1998)	gyrus frontal moyen droit gyrus fusiforme droit	gyrus temporal postérieur gauche gyrus supra-marginal gauche gyrus temporal supérieur droit thalamus droit
Perani, Schum, Tettamanti, Gorno-Tempini, Coppi et Fazio (1999)	thalamus gauche lobe pariétal supérieur droit	gyrus temporal postérieur gauche gyrus lingual précuneus
Moore et Price (1999)	gyrus temporal antérieur droit et gauche zone temporale postérieure droite	gyrus temporal postérieur gauche gyrus lingual gauche
Laine, Rinne, Hiltunen, Kaasinen et Sipilä (2002)	région temporale inférieure droite	gyrus frontal supérieur gyrus frontal médian cuneus droit
Devlin, Russell, Davis, Price, Moss, Jalal Fadili et Tyler (2002)	gyrus temporal gauche lobe temporal médian gauche et droit	cuneus gauche gyrus frontal inférieur droit

Tableau 5 — Présentation des activations cérébrales relevées dans sept études comparant directement des tâches impliquant des connaissances sémantiques relatives au domaine des animaux et à celui des artefacts (travaux en PET).

Comme le soulignent Devlin et al. (2002), il est parfois difficile de conclure de façon définitive aux vues de ces études car les aires activées sont variables. Cependant, ils relèvent une certaine stabilité de l'activation de la zone frontale inférieure gauche dans des tâches impliquant des artefacts et une activation spécifique du lobe temporal

postérieur pour des tâches relatives aux animaux.

La technique d'Imagerie par Résonance Magnétique Fonctionnelle (IRMf) est actuellement la plus couramment utilisée dans ces épreuves de catégorisation (pour exemples : Spitzer et al., 1995 ; Spitzer, Kischka, Gückel, Bellemann, Kammer, Seyyedi, Weisbrod, Schwartz & Brix, 1998 ; Thompson-Schill, Aguirre, D'Esposito & Farah, 1999 ; Thompson-Schill & Gabrieli, 1999 ; Leube, Erb, Grodd, Bartels & Kircher, 2001). Cette technique a l'avantage majeur d'être non invasive et de pouvoir être facilement répétée chez un même sujet. Le principe est de révéler les modifications régionales de débit sanguin au fur et à mesure de la réalisation d'une activité cognitive.

Les travaux réalisés grâce à cette technique par Chao, Haxby et Martin (1999) confirment des différences dans l'activation cérébrale selon les catégories d'appartenance des objets, dans des épreuves de visualisation, d'appariement ou de dénomination réalisées par 7 sujets masculins. L'article de Martin et Chao (2001) contient en particulier une figure (reproduite Figure 12) présentant la localisation des aires cérébrales activées dans l'épreuve de dénomination silencieuse (*inner speech*) à partir de dessins. Lorsque la catégorie des animaux est impliquée, les auteurs relèvent spécifiquement une modification du débit sanguin au niveau du gyrus fusiforme latéral et du sulcus temporal supérieur droit. Lorsque la dénomination porte sur des dessins d'artefacts, des modifications sont observées au niveau du gyrus fusiforme médian, du gyrus temporal moyen gauche, du sulcus temporal inférieur et du cortex prémoteur ventral gauche.

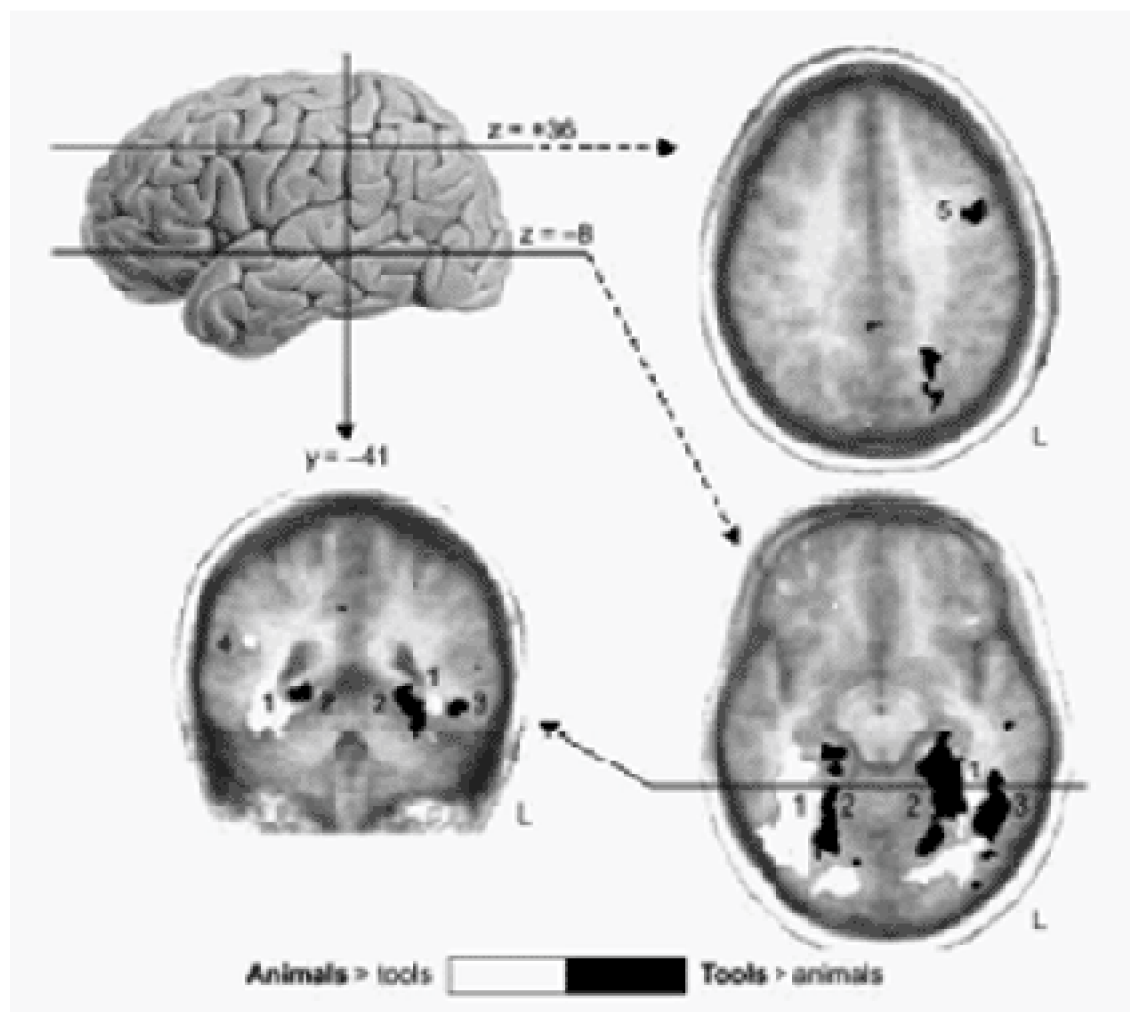


Figure 12 — Localisations des modifications de débit sanguin dans l'épreuve de dénomination d'images d'animaux et d'artefacts réalisée par Chao, Haxby et Martin (1999).

Les modifications de flux sont différentes lorsque des animaux ou des artefacts sont impliqués (pour les animaux : 1 = gyrus fusiforme latéral, 4 = sulcus temporal droit supérieur ; pour les artefacts : 2 = gyrus fusiforme médian, 3 = gyrus temporal moyen gauche/sulcus temporal inférieur et 5 = cortex prémoteur ventral gauche).

La présentation de ces travaux souligne que la différence catégorielle ne produit pas simplement l'activation de structures cérébrales radicalement distinctes selon des deux catégories. En effet, cette distinction peut se manifester par une activation répartie de façon particulière à l'intérieur de la même structure. L'activation médiane ou latérale du gyrus fusiforme selon la catégorie impliquée illustre particulièrement bien cette différence. Le rapprochement des résultats de plusieurs études permet de mettre en évidence qu'une activation de la partie médiane de cette structure est plus spécifique aux tâches impliquant des outils alors qu'une activation latérale est plus souvent rencontrée lorsque la catégorie des animaux est mise en jeu. Au-delà de cette remarque, d'autres études

permettent de préciser que cette différence d'activation ne traduit pas simplement une opposition logique entre ces deux catégories (animal et artefact) mais plutôt une distinction en termes de "vivant" versus "non vivant". En effet, l'activation latérale du gyrus fusiforme est principalement rapportée lorsque des visages sont traités, et le gyrus fusiforme médian est activé lors de la présentation de photographies de maison ou de paysage (Chao, Haxby & Martin, 1999 ; Kanwisher, McDermott & Chun, 1997 ; Haxby, Ungerleider, Clark, Schouten, Hoffman & Martin, 1999 ; Epstein & Kanwisher, 1998).

L'activation différente de la même structure cérébrale selon la catégorie impliquée laisse donc entrevoir la nécessité d'envisager une règle plus complexe qu'une simple opposition logique pour différencier les connaissances relevant du domaine des animaux ou de celui des artefacts. De plus, cette explication de l'organisation des connaissances sémantiques en différentes catégories sous tendues par des réseaux neuronaux distincts semble inefficace pour rendre compte de certaines observations effectuées en neuropsychologie. L'existence d'un trouble spécifique à une catégorie en l'absence d'une lésion circonscrite à une aire cérébrale précise amène à relativiser cette hypothèse de type "localisationniste".

Par exemple Moss et Tyler (2000) rapportent le cas de la patiente ES, âgée 67 ans, qui présente un déficit spécifique pour les connaissances relatives au domaine des artefacts sans qu'une lésion cérébrale focale ne lui soit pourtant associée (ils observent une atrophie générale). Les résultats obtenus dans différentes épreuves (dénomination d'images, vérification de propriétés, amorçage sémantique) par ES au cours des 36 mois de suivi, mettent clairement en évidence une baisse générale des performances au cours du temps. Dans le test de dénomination d'images où ES est invitée à dénommer 260 images en noir et blanc, cette patiente obtient 70 % de réponses correctes lors de la première évaluation (juin 1994) et seulement 18 % de réponses adéquates deux ans et demi plus tard (décembre 1996). Cependant, ce déficit ne s'exprime pas avec la même intensité pour tous les domaines de connaissances : dans toutes les épreuves, le déficit est globalement plus prononcé pour les connaissances relatives au domaine du non vivant que pour celles relevant du domaine du vivant. On peut toutefois déjà noter que dans l'épreuve de dénomination d'images, ce pattern de résultats s'inverse progressivement : lors des deux premières sessions, les dessins représentant des objets vivants sont mieux dénommés que les artefacts mais ensuite la tendance s'inverse (aux passations 3 et 4, les performances pour les deux catégories sont équivalentes), pour devenir significative à la dernière session : les performances pour les animaux sont alors 9 % moins bonnes que celles pour les artefacts. Nous reviendrons ultérieurement sur ce profil de résultats, car cette perte non symétrique des informations sémantiques selon les catégories fait évoluer le débat autour de la question de l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire.

L'hypothèse d'organisation catégorielle des connaissances sémantiques, proposée par Hillis et Caramazza (1991) semble donc insuffisante. Un autre point de vue développé par Warrington, Shallice et McCarthy permet de dépasser cette proposition (Warrington & Shallice, 1984 ; Warrington & McCarthy, 1983, 1987). Ces auteurs ne décrivent plus l'organisation des connaissances sémantiques comme strictement catégorielle mais accordent un rôle organisateur aux attributs des objets qui composent ces catégories.

II.2.2. Rôle central des attributs des objets

L'interprétation d'observations neuropsychologiques de patients présentant des déficits spécifiques est à l'origine de cette théorie. Warrington et Shallice (1984) ont tout d'abord rapporté l'observation du patient JBR présentant un déficit pour les connaissances relevant du monde du vivant mais aussi pour certains objets de la catégorie du non vivant tels que les instruments de musique et les pierres précieuses. Puis, Warrington et McCarthy (1987) ont observé un patient (YOT) présentant un déficit particulier pour les connaissances relatives au domaine des artefacts mais aussi aux parties du corps. Ces auteurs soulignèrent le point commun aux trois catégories déficitaires chez JBR (vivant, instruments de musique et pierres précieuses) : l'importance des indices perceptifs. En effet pour ces trois catégories, seuls les indices perceptifs permettent la distinction des différents exemplaires qui les composent. Par contre, pour les catégories déficitaires du patient YOT (artefacts et parties du corps) l'élément central est la fonction. Les auteurs ont alors émis l'hypothèse que l'intégrité des connaissances sur les traits perceptifs sous tendait la récupération correcte des connaissances relevant du vivant, alors que la préservation des traits fonctionnels était la condition nécessaire pour le traitement adéquat des connaissances relevant du domaine des artefacts.

Ainsi, l'organisation des connaissances sémantiques ne serait pas strictement régie par l'appartenance catégorielle des objets mais par les traits qui seraient centraux pour ces catégories. Les concepts seraient définissables par un ensemble de traits visuels et fonctionnels dont la proportion varierait selon la catégorie de l'objet. Les traits perceptifs auraient une influence majeure sur la catégorisation des exemplaires du monde animal alors que la catégorisation dans le domaine des artefacts serait plus sensible à des indices de type fonctionnel (Riddoch & Humphreys, 1987).

Un argument majeur pour cette théorie attribuant un rôle central aux propriétés des objets provient des travaux issus de la modélisation informatique.

Dès les premières modélisations, les propriétés des objets ont en effet été considérées comme centrales. Le modèle de comparaison de propriétés proposé par McCloskey et Glucksberg (1979, cité par Chang, 1986) propose de représenter les concepts en mémoire sémantique par un ensemble de propriétés. Celles-ci (couleur, taille, matière constituante de l'objet) seraient associées aux différentes modalités rencontrées habituellement. Par exemple, pour le concept *pomme*, la propriété "couleur" se déclinerait en trois modalités possibles : vert, jaune et rouge. La valeur de la modalité la plus classiquement rencontrée serait enregistrée par le système et considérée comme prenant part au prototype. Un autre modèle, proposé par Smith, Shoben et Rips (1974) et développé à la même époque postule lui aussi que les concepts sont définis en mémoire sémantique par un ensemble de traits. Ces traits seraient soit essentiels (ou déterminants), soit caractéristiques (ou accidentels). Les premiers permettraient de définir l'appartenance de l'objet à une catégorie alors que les deuxièmes correspondraient à des propriétés présentes chez des exemplaires en particulier. Par exemple, pour le concept "oiseau", la propriété "a des plumes" est une propriété essentielle alors que la propriété "est rose" est une propriété caractéristique des flamants roses.

Ces deux modèles accordent donc un rôle central aux propriétés des objets. Mais, ce n'est que dans des modélisations plus récentes que les termes "perceptifs" et "fonctionnels" sont utilisés pour caractériser ces traits.

Le modèle de Farah et McClelland (1991), dont l'objectif est de rendre compte de l'ensemble des déficits spécifiques décrits dans la littérature, définit en effet un concept par un ensemble d'unités sémantiques primitives pouvant être nominales (name units), picturales (picture units) ou encore sémantiques ou encyclopédiques. Les unités sémantiques peuvent être des unités visuelles ou fonctionnelles. L'architecture de ce modèle s'inspire directement des conclusions de Warrington, Shallice et McCarthy et se base sur deux présupposés : (1) il y a plus de traits visuels que de traits fonctionnels (proportion de 3 contre 1) d'une façon générale et (2) il y a une importance non équivalente des traits visuels et fonctionnels dans les catégories "vivants" et artefacts. Ainsi, dans ce modèle implémenté de manière connexionniste, le poids de l'ensemble des traits varie suivant la catégorie : pour le domaine du vivant, les connexions entre les concepts et les propriétés visuelles (d'ailleurs plus nombreuses) qui les définissent sont renforcées, alors que les concepts relevant du domaine du non vivant sont, eux, fortement dépendants des traits fonctionnels.

Grâce à cette organisation, les simulations informatiques réalisées par les auteurs rendent particulièrement bien compte des observations neuropsychologiques que nous avons décrites. Par exemple, lorsque les auteurs simulent la destruction de l'une ou l'autre famille de traits, des déficits spécifiques apparaissent en respectant les observations effectuées chez les patients : une perte des traits fonctionnels implique une mauvaise reconnaissance des items relevant du domaine non vivant alors que la destruction des traits visuels s'accompagne d'une perturbation de la reconnaissance d'objets vivants. Toutefois, toutes les sous-catégories, même si elles relèvent d'un même domaine (vivant ou non vivant), ne sont pas pareillement affectées par une atteinte des traits d'une certaine nature, car la proportion des traits de cette nature peut varier sensiblement d'une sous-catégorie à l'autre, ce qui pourrait rendre compte de déficits catégoriels concernant des catégories très étroites.

Un autre argument en faveur d'une distribution des connaissances sémantiques en mémoire selon les traits perceptifs et fonctionnels provient d'observations de patients présentant des déficits limités aux dimensions soit fonctionnelles soit visuelles d'un même objet. Sirigu, Duhamel et Poncet (1991) rapportent par exemple le cas du patient FB présentant un déficit particulier pour la manipulation des objets sans que leur reconnaissance soit pourtant affectée. La dissociation inverse est également possible : Magnie, Ferreira, Giusiano et Poncet (1999) présentent en effet le cas d'un patient atteint d'une agnosie associative (survenue suite à un infarctus du myocarde et à un coma) pouvant reconnaître les actions liées aux objets et les utiliser mais n'ayant plus la possibilité ni de les reconnaître visuellement, ni de les dénommer. Deux autres cas illustrant cette double dissociation sont également présentés par Buxbaum, Veramonti et Schwartz (2000).

Cette conception de l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire selon les traits représentatifs des catégories s'accorde donc avec différentes observations. Cependant, cette proposition n'est pas suffisante pour expliquer l'ensemble

des observations neuropsychologiques.

Lorsque des patients présentent un déficit spécifique pour les animaux, il est classiquement rapporté que celui-ci se manifeste par des difficultés à traiter les informations visuelles et fonctionnelles pour cette catégorie (Warrington & Shallice, 1984 ; Silveri & Gainotti, 1988 ; Farah, Hammond, Mehta & Ratcliff, 1989 ; Mehta, Newcome & De Hann, 1992 ; Caramazza & Shelton, 1998). Différents auteurs rapportent que cette perturbation est quantitativement équivalente pour ces deux types de traits pour les animaux (et seulement dans cette catégorie) (Caramazza & Shelton, 1998 ; Laiacona, Barbarotto & Capitani, 1993 ; Laiacona, Capitani & Barbarotto, 1997 ; Lambon-Ralph, Howard, Nightingale & Ellis, 1998 ; Moss, Tyler, Durrant-Peatfield & Bunn, 1998 ; Samson, Pillon & De Wilde, 1998). Or, comme le rappelle Caramazza (2000), ce fait est incompatible avec les prédictions et les modélisations de Farah et Mc Clelland (1991) : selon ces derniers, un déficit spécifique pour le domaine des animaux entraînerait une perte plus massive des informations visuelles que fonctionnelles.

L'étude du décours de la perte des informations sémantiques lors de pathologies telles que la Démence de Type Alzheimer (DTA) permet de montrer d'une autre manière les insuffisances de la proposition d'organisation des connaissances sémantiques en mémoire selon les traits représentatifs des catégories.

Les travaux conduits par Gonnerman, Andersen, Devlin, Kempler et Seidenberg (1997), sur 15 patients atteints de DTA, montrent en effet que la perte des informations sémantiques se matérialise d'une façon qualitativement différente selon le domaine de connaissances. Comme il est possible de l'observer sur la Figure 13, la perte des informations au cours de la progression de la pathologie s'effectue pour les artefacts de manière progressive et linéaire, alors que pour les animaux ce déclin est irrégulier : les connaissances semblent préservées dans un premier temps puis la perte des informations devient spectaculaire (les auteurs parlent de "perte catastrophique")²⁶.

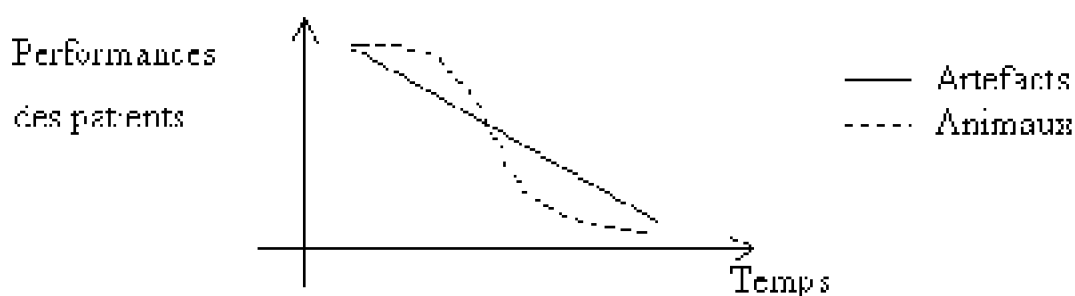


Figure 13 — Représentation schématique de la perte des connaissances sémantiques pour les animaux et les artefacts d'après la description faite par Gonnerman et al. (1997).

La théorie de l'organisation des connaissances sémantiques telle que nous venons de la décrire ne peut pas rendre compte de tels tracés : les modélisations de Farah et McClelland (1991) montrent que les pertes des traits fonctionnels ou perceptifs conduisent à des difficultés spécifiques pour les domaines des artefacts et des animaux mais ne

²⁶ Pour rappel, le suivi longitudinal conduit par Moss et Tyler (2000) auprès de la patiente SE mettait en évidence un pattern de résultat sensiblement identique à celui-ci dans la tâche de dénomination d'images.

permettent pas de prédire des courbes d'allure dissemblable. Pour rendre compte de l'allure dissymétrique des courbes selon ces deux domaines, un autre facteur peut alors être évoqué : le degré de corrélation entre les traits définissant chaque catégorie.

II.2.3. Prise en compte de l'intercorrélation des attributs

Ce point de vue est basé sur deux présupposés : selon le premier, chaque concept est définissable par un ensemble de traits ; selon le deuxième, chaque catégorie se caractérise par un degré de d'intercorrélation entre les traits. Aussi, il existerait une relation entre les performances obtenues par les patients et le degré d'intercorrélation de ces traits.

Pour le domaine des animaux, le degré d'intercorrélation des traits est particulièrement élevé. En effet, si l'on considère l'attribut "avoir des plumes", celui-ci implique automatiquement d'autres attributs visuels tels que "avoir un bec", "avoir des ailes" mais aussi des propriétés non visuelles "vole", "vit dans un nid", "pond des oeufs"... Les traits définissant l'objet "oiseau" sont donc fortement associés les uns aux autres car souvent rencontrés ensemble. Par contre, cela ne semble pas être le cas pour les artefacts : la propriété "a un manche", par exemple, n'est pas automatiquement reliée à d'autres propriétés. On peut noter que cette différence catégorielle en fonction du degré d'intercorrélation des traits qui définissent les objets peut être rapprochée (sans toutefois être confondue) des théories récentes présentées dans le chapitre précédent à propos de la mise en place des connaissances sémantiques chez les enfants. Pour Ahn et collaborateurs (Ahn, 1998 ; Ahn et al., 2000), l'acquisition des connaissances pour le domaine des animaux est dirigée par un système de relations causales entre des propriétés définissant les objets de cette catégorie. Certains traits produisent un contexte causal dans lequel d'autres traits se rajouteront (la corrélation entre les traits pour les animaux ne vient donc pas simplement du fait que ces traits sont rencontrés ensemble). Par contre, pour le domaine des artefacts, ces auteurs relèvent une difficulté à dégager des systèmes d'attributs aussi interreliés.

La destruction des traits n'aurait pas de conséquence immédiatement décelable pour le domaine présentant le plus fort degré de corrélation des traits. Ceci est illustré par les faibles conséquences de la perte des traits pour le domaine des animaux en début de pathologie. Dans ce domaine, l'organisation "en réseau" des propriétés rend possible l'accès aux concepts par plusieurs voies : par exemple, les attributs "avoir un bec", "avoir des ailes", ou encore "avoir des plumes" sont trois attributs permettant d'accéder de manière équivalente au concept "oiseau" ; aussi, la perte d'un de ces traits n'empêche pas définitivement l'accès à ce concept. Puis, l'avancée de la pathologie aurait pour conséquence d'appauvrir ce réseau de traits, jusqu'à ce que la perte d'un certain chaînon déclenche l'altération catastrophique des performances des patients, telle que décrite par Gonnerman et al. (1997).

Pour le domaine des artefacts, la progression de la pathologie aurait un effet tout autre : la perte d'un attribut aurait une conséquence immédiatement observable sur les performances des patients. La perte progressive des traits se traduiraient ensuite par une chute régulière et linéaire des performances des patients.

L'hypothèse de l'intercorrélation des traits permet de rendre compte du fait qu'un déficit spécifique pour les animaux ne s'accompagne pas uniquement d'une difficulté à traiter les informations visuelles mais aussi d'un déficit des informations fonctionnelles pour cette catégorie. Selon cette théorie, les traits définissant la catégorie des animaux seraient majoritairement visuels mais des traits fonctionnels seraient contenus dans ce réseau. Comme les traits définissant cette catégorie seraient très fortement connectés les uns aux autres, des perturbations des traits visuels entraîneraient des perturbations pour les traits fonctionnels (et vice-versa). Cependant, pour la catégorie des artefacts, les traits seraient moins interreliés. Aussi, la perte d'une unité resterait celle d'une unité particulière, et n'entraînerait pas la perte d'autres traits (quelle que soit leur nature). L'expérience de Thompson-Schill et al. (1999) conduite en IRMf met en évidence cette différence d'intercorrélation des traits suivant ces deux domaines. Ils montrent en effet que, pour le domaine des animaux, le traitement des attributs fonctionnels, aussi bien que celui des attributs visuels activent l'un comme l'autre une région connue pour être impliquée dans les traitements visuels (gyrus fusiforme), alors que pour les artefacts, seules les propriétés visuelles entraînent l'activation de cette structure cérébrale.

Cette hypothèse d'intercorrélation des traits a été modélisée par Devlin, Gonnerman, Andersen et Seidenberg (1998). Basé sur les travaux de Farah et McClelland (1991), ce modèle, implémenté de manière connexionniste, sépare topographiquement les traits perceptifs et fonctionnels, attribue une proportion variable de ces deux types de traits suivant la catégorie et introduit les remarques de Gonnerman et al. (1997) en contrôlant le degré de corrélation entre les traits par modification du poids entre les unités sémantiques. Ce modèle multicouche est entraîné à la production de 60 mots (30 relevant du domaine du vivant, 30 du non vivants)²⁷. Chacun de ces mots correspond à un concept décrit par la présence ou l'absence de 145 connaissances (unités) de nature sémantique ou phonologique²⁸. Les connaissances sémantiques sont fonctionnelles (du type "X est utilisé pour...") ou perceptives (elles peuvent être visuelles, auditives, tactiles).

Ce modèle permet de reproduire les observations de Farah et McClelland (1991). La destruction des traits fonctionnels ou perceptifs a en effet pour conséquence l'apparition de déficits spécifiques respectant les observations neuropsychologiques : les connaissances relevant du vivant sont particulièrement affectées par une perte des traits perceptifs alors que le traitement des connaissances relatives aux artefacts est affecté par la perte des traits fonctionnels. Ces résultats confirment donc l'importance du rôle joué par les traits fonctionnels et perceptifs dans la distinction catégorielle entre animaux et artefacts. Surtout, la nouveauté de ce modèle réside dans la possibilité de modifier les poids entre les unités sémantiques (ce qui simule la modification du degré de corrélation entre les traits). Lorsque Devlin et al. (1998) modifient ces poids, ils répliquent, conformément à leurs attentes, les profils des performances des patients observés par Gonnerman et al. (1997) : les performances du réseau sont progressivement et

²⁷ Répartition pour les 30 items vivants : 15 animaux et 15 végétaux et pour les 30 items non vivants : 10 véhicules, 10 vêtements et 10 outils.

²⁸ Un prétest pour déterminer la présence ou l'absence de ces 145 unités pour chacun des objets a été effectué par un groupe de 30 étudiants.

linéairement altérées pour les artefacts, alors que pour les animaux une stabilité des performances précède une chute brutale. La modification apportée par Devlin et al. (1998) au modèle de Farah et McClelland (1991) permet donc d'affiner l'hypothèse de l'organisation des connaissances sémantiques en fonction des traits définissant les catégories sans toutefois la remettre en cause. Elle permet de préciser l'importance du degré de corrélation entre ces traits.

Les travaux de Perry (1999) portent tout de même atteinte à la validité du modèle proposé par Devlin et al. (1998). Lorsque l'auteur teste de façon approfondie les capacités de ce modèle, il démontre que les résultats obtenus par Devlin et al. (1998) sont très dépendants de l'architecture du réseau. Les conséquences de la modification du nombre de couches cachées, de l'augmentation d'items à l'apprentissage ou bien encore de la présentation de nouveaux exemples au modèle montrent le caractère très peu généralisable de ces résultats. Une autre critique porte sur la technique d'apprentissage utilisée par le réseau. Celle-ci ne semble pas compatible avec le fonctionnement humain. Dans cette modélisation connexionniste, la durée nécessaire à l'apprentissage d'un objet par le système varie en effet d'un item à l'autre, en fonction de la structuration plus ou moins complexe de sa catégorie d'appartenance. Ainsi, les items qui partagent un maximum de traits avec d'autres items nécessitent un temps plus long pour leur apprentissage par le système, afin d'éviter de futures confusions au moment de leur reconnaissance. Par contre, les items plus "isolés" sont appris rapidement par le système. Or, cela n'est pas totalement compatible avec ce que l'on sait de l'apprentissage humain : les items les plus rapidement appris sont ceux partageant le plus de traits communs avec les autres membres de la même catégorie, plutôt que les cas particuliers.

La modélisation proposée récemment par Tyler, Moss, Durrant-Peatfield et Levy (2000) permet de rendre compte du fait que les déficits spécifiques se manifestent le plus classiquement par une perturbation des connaissances pour les animaux plutôt que pour les artefacts. Ce travail conserve certains principes des modélisations précédentes : les concepts sont définis par un ensemble de traits fonctionnels et perceptifs (Farah & McClelland, 1991), le degré de corrélation entre ces traits varie selon la catégorie (Devlin et al., 1998). Il complète ces travaux en attribuant une *qualité* particulière aux traits fonctionnels. Ces auteurs les décrivent comme "ce qui donne à l'objet un sens dans un environnement dynamique caractérisé par des causes et des effets". Ils attribuent donc un rôle central à ces traits fonctionnels dans un système complexe, aussi bien pour le domaine des artefacts que pour celui des animaux²⁹. Pour ce dernier domaine, les auteurs parlent de traits fonctionnels "biologiques". Pour les animaux, la cohérence du réseau des propriétés serait construite autour des traits fonctionnels : par exemple, la propriété fonctionnelle "pouvoir voler" jouerait le rôle de pivot causal avec d'autres propriétés (telles que "avoir des ailes", "avoir des plumes", par exemple).

Ce rôle central attribué aux propriétés fonctionnelles leur conférerait une résistance particulière en cas de pathologie, contrairement aux propriétés visuelles qui ne seraient pas aussi cruciales pour la cohérence du système. Bien que le trait fonctionnel soit très

²⁹ Tyler et al.(2000) remettent en question la plus grande quantité de traits visuels (plutôt que fonctionnels) dans la catégorie des animaux et vont même jusqu'à suggérer la proportion inverse.

résistant, la perte d'un seul d'entre eux entraînerait, pour les animaux, un préjudice très large pour l'ensemble du réseau (non seulement cette connaissance fonctionnelle est perdue, mais il en est de même pour les nombreuses autres qui lui étaient reliées). Par contre, pour le domaine des artefacts dans lequel les traits sont peu reliés entre eux, la perte d'une information fonctionnelle resterait celle d'une unité discrète. Les connaissances relatives aux animaux seraient donc plus "fragiles" que les connaissances à propos des artefacts, ceci expliquant, entre autres, pourquoi une plus grande proportion de déficits spécifiques se manifeste par la perte sélective des informations à propos des animaux.

Ainsi, l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire serait largement fondée sur l'organisation des traits composants les concepts. L'organisation de ces traits dépendrait elle-même à la fois du domaine de connaissances (animal versus artefact) et de la nature des traits (visuels et fonctionnels).

Cette description des concepts en termes de traits visuels et fonctionnels nous paraît cependant insatisfaisante car insuffisamment rigoureuse. Nous proposons qu'il serait plus judicieux d'opposer des propriétés *structurales* plutôt que *visuelles* (ou *perceptives*) aux propriétés fonctionnelles. Ces propriétés structurales correspondent à des parties de l'objet (par exemple "avoir des côtes", "avoir un gosier") mais ne sont pas forcément visuelles. Aussi, cette nouvelle opposition entre traits structuraux et traits fonctionnels relèverait plus strictement de la sémantique.

Cette précaution n'est pourtant jamais prise en compte dans les travaux actuels qui s'attachent à évaluer l'organisation des traits en mémoire. Si l'on considère par exemple la série d'expériences réalisées par Thompson-Schill et Gabrieli (1999), des propriétés fonctionnelles du type "est-ce que cet objet est comestible ?" sont opposées à des propriétés visuelles ("est-ce que cet objet est rond ?"). Or, ces propriétés ne semblent pas nécessiter un traitement comparable ; aussi le traitement privilégié des propriétés fonctionnelles observé par les auteurs (sur les temps de réponse et les taux d'erreurs dans les quatre expériences) est difficilement interprétable de manière certaine.

De plus, l'utilisation de propriétés visuelles peut poser un problème méthodologique dans des épreuves impliquant du matériel imagé, cette présentation introduisant un biais dans le traitement des informations visuelles. Par exemple, dans les travaux de Marques (2000), en partie basés sur du matériel imagé issu de la batterie de Snodgrass et Vanderwart (1980), l'auteur oppose des traits fonctionnels du type "est un moyen de transport" ou "est dangereux" et des traits perceptifs relatifs à la taille ou au nombre de pattes. Ces propriétés visuelles sont donc être directement extraites par l'analyse perceptive des dessins, ceci biaisant, en toute logique, les performances des sujets. Dans les situations expérimentales où des dessins sont employés, il apparaît donc particulièrement important d'utiliser des propriétés structurales plutôt que visuelles et d'empêcher ainsi la récupération directe de l'information sur les dessins pour un seul type d'attribut. Aussi, dans nos expériences basées sur du matériel verbal et imagé, nous veillerons particulièrement à ces aspects : nous utiliserons des propriétés structurales, elles ne seront pas toujours observables sur les dessins (par exemple "avoir des côtes") et lorsqu'elles le seront (en raison des exigences du design expérimental qui nécessite un grand nombre de propriétés) elles ne seront en tout cas jamais vérifiables *directement* par

examen du dessin. Par exemple, s'il s'agit de vérifier l'association entre la propriété structurale "avoir une trompe" et le dessin d'un éléphant, celui-ci sera présenté trois-quart dos et non de face. L'identification de ces dessins aura évidemment été testée au préalable, la présentation d'un objet sous un angle non familier ne devant pas entraver sa reconnaissance.

II.3. Organisation selon le niveau de hiérarchie

Une des premières modélisations informatiques ayant tenté de rendre compte de l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire suggère une organisation hiérarchique de ces informations. Dans ce modèle TLC (Teachable Language Comprehender) proposé par Collins et Quillian (1969), la mémoire sémantique contient un ensemble de concepts représenté chacun par des noeuds reliés à la fois à des concepts de niveau supérieur et à des concepts de niveau inférieur. Cette organisation respecte le principe d'économie cognitive car les propriétés qui sont reliées aux concepts grâce à des relations du type "est un" ou "a un" sont associées uniquement au niveau de la hiérarchie où elles sont les plus couramment applicables.

Ce modèle était précurseur non seulement par son ambition et par la méthode utilisée pour y parvenir mais également par les principes manipulés. En effet, ce modèle présageait l'existence de stockages différents des informations sur les concepts suivant leur niveau d'abstraction³⁰, et cela, quelques années avant la publication des travaux de Rosch et collaborateurs (Rosch, 1975 ; Rosch et al., 1976), qui ont été les premiers à théoriser et à tester cette hypothèse.

Dans les paragraphes suivants, nous exposerons cette théorie et son évolution. Des arguments issus d'études menées en psychologie cognitive, en neuropsychologie ou encore en imagerie cérébrale illustrant cette organisation hiérarchique des connaissances sémantiques seront également présentés.

II.3.1. Niveau de base, niveau supra-ordonné et niveau infra-ordonné

La théorie prototypique ou probabiliste, développée par Rosch (1975), défend l'idée d'une organisation hiérarchique des connaissances sémantiques en mémoire. Dans ce système, le concept "animal" serait, par exemple, supérieur au concept "chien", lui-même supérieur au concept "caniche".

Deux dimensions émergeraient de cette organisation taxonomique : l'une, *verticale*, correspondant au degré d'abstraction d'une catégorie ; l'autre, *horizontale*, correspondant à la répartition des exemplaires à un niveau donné. De la même manière qu'il existerait un exemplaire prototypique au sein de la dimension horizontale pour chacune des catégories, Rosch propose l'existence d'un *niveau de base* dans la dimension verticale. Ce niveau de base serait situé entre un niveau contenant des concepts plus généraux (*niveau supra-ordonné*) et un autre niveau stockant des concepts plus précis (*niveau*

³⁰ D'autres modèles se sont ensuite également attachés à prendre en considération l'organisation hiérarchique des connaissances en mémoire comme les modèles proposés par Anderson et Bauer (1973) ou Glass et Holyoak (1975) (références citées par Sloman, 1998).

infra-ordonné), il contiendrait des termes de base, monolexémiques. La Figure 14 rassemble sur un même schéma ces différentes notions et les illustrent par un exemple concret.

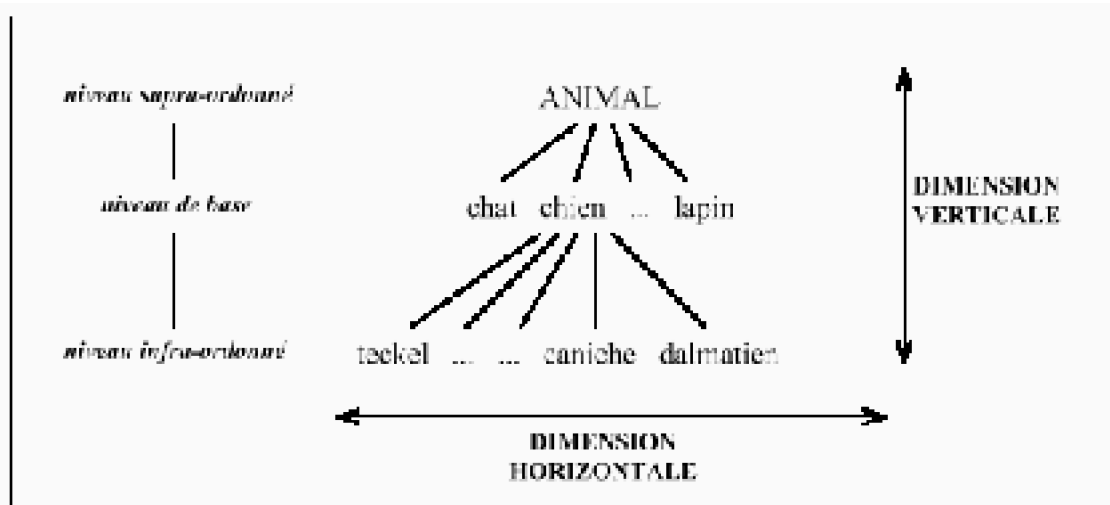


Figure 14 — Représentation de l'organisation taxonomique des concepts en mémoire selon la théorie probabiliste ou prototypique (Rosch, 1975). Sur ce schéma, on distingue les connaissances relevant du niveau supra-ordonné, du niveau de base et du niveau infra-ordonné. La dimension verticale correspond au degré d'abstraction d'une catégorie et la dimension horizontale correspond à la répartition des exemplaires à un niveau donné.

Les premières données ayant corroboré l'existence du niveau de base proviennent d'études menées en psychologie cognitive auprès de sujets ne présentant pas de pathologie particulière. Le travail de Rosch et al. (1976) démontre que l'accès aux informations contenues à ce niveau est particulièrement privilégié chez les sujets sains. Ces concepts sont en effet les plus rapidement nommés dans des tests de fluence verbale, les plus communément cités dans des tests d'identification et donnent lieu aux temps de réponse les plus rapides dans des tâches de vérification d'identité. D'un point de vue développemental, ces termes sont également les premiers appris et maîtrisés par les enfants, ils sont également ceux spontanément choisis par les parents pour leur parler.

Un deuxième argument en faveur de l'existence d'une organisation taxonomique des connaissances et de l'existence d'un niveau de traitement privilégié provient de l'anthropologie cognitive et plus particulièrement du domaine de la *folkbiology*, une discipline qui vise à étudier la pensée de différentes cultures à propos des êtres vivants (animaux et plantes). Toutes les observations actuelles conduisent en effet à affirmer que tous les êtres humains, quelle que soit leur culture, classent les animaux et les plantes en espèces sur la base de relations d'inclusion. Selon Berlin (1992, cité par Coley, Medin, Proffitt, Lynch et Atran, 1999), cette organisation taxonomique ou (*general-purpose folkbiological classification*) serait universelle et ne se construirait pas de manière arbitraire. Quatre niveaux distincts peuvent être identifiés dans cette organisation.

Le premier niveau (*Folk Kingdom*) ne correspond pas toujours à un nom de la langue mais comme le rapporte Boyer (2001), il sert à désigner des catégories très générales telles que animal, artefact, personne, nombre... Le deuxième niveau, celui des *Life Forms*,

concerne des catégories plus étroites comme insecte, mammifère, oiseau, arbre... et n'existe pas dans toutes les cultures. Le niveau inférieur, celui des *Generic Species*, est, par contre, universel. Il contient des concepts tels que chien, lapin, saule... Deux niveaux lui sont inférieurs : celui des *Folk Specific Categories* qui permet de décrire plus finement ces catégories (il contient par exemple des concepts tels que saule pleureur, dalmatien...) et celui des *Folk Varietals* qui existe seulement si le niveau d'expertise des sujets est élevé.

Il est possible de trouver des correspondances entre cette description et celle proposée par la théorie prototypique (Rosch, 1975). En effet, le premier niveau (*Folk Kingdom*) peut être comparé au niveau de domaine (*domain concepts*) que nous décrivons chez les enfants ou au niveau supra-ordonné décrit par Rosch (1975) ; le niveau *Folk Specific Categories* se rapproche du niveau infra-ordonné décrit dans la théorie prototypique. Tout comme le niveau de base, le niveau *Generic Species* est un niveau privilégié : une information apprise à propos d'un objet spécifique est spontanément généralisée à ce niveau. Cependant ces deux notions ne sont pas directement superposables, car le niveau des *Generic Species* ne dépend pas de l'expertise des sujets contrairement au niveau de base. Coley et al. (1999) parviennent à mettre en évidence cette différence lorsqu'ils étudient les inductions réalisées par deux populations (Indiens Itzaj et étudiants américains) issus de cultures différentes ne partageant pas le même niveau de base à propos des poissons. Pour la première population, le niveau de base pour les poissons se situe au niveau des *Generic Species* (truite) alors que pour les étudiants de Berkeley, celui-ci correspond aux *Life Forms* (poisson) car ils connaissent très peu de chose sur des types de poissons spécifiques. Pourtant, malgré cette différence de niveau de base entre ces deux cultures, ce sont toujours les informations contenues au niveau des *Generic Species* qui sont utilisées pour réaliser les inductions. Plus précisément, dans cette tâche l'expérimentateur donnait une information à un sujet à propos d'un niveau (par exemple : "toutes les truites ont l'enzyme X") et le sujet devait évaluer la possibilité pour que cette information soit également vraie au niveau supérieur de la hiérarchie ("est-ce que vous pensez que tous les poissons ont cet enzyme X ?"). Le niveau de base change donc avec l'expertise, mais pas le niveau des *Generic Species*. Ce dernier est donc non seulement un niveau de connaissance probablement universel, mais le processus cognitif qui lui est rattaché semble l'être aussi.

Un troisième argument confortant l'idée d'une organisation hiérarchique des connaissances sémantiques en mémoire provient de la neuropsychologie et, plus particulièrement, de l'étude des troubles sémantiques associés à la démence de type Alzheimer. Dans la revue de la littérature effectuée par Nebes (1989), des observations de patients présentant des déficits différents selon le niveau de stockage des informations sémantiques sont rapportées (Schwartz, Marin & Saffran, 1979 ; Martin & Fedio, 1983 ; Huff, Corkin & Growdon, 1986). Les informations spécifiques seraient particulièrement affectées dans cette pathologie alors que les informations plus générales seraient plus longtemps préservées (Martin, 1992). Les travaux plus actuels de Sailor, Bramwell et Griesing (1998), basés sur une tâche de vérification de propriétés chez ce type de patients, confirment cet effet de l'organisation taxonomique sur le maintien des connaissances sémantiques en mémoire. Dans leur étude, les connaissances générales (relevant du niveau d'entrée ou de niveau supra-ordonné) semblent mieux conservées par

les patients que les connaissances plus fines.

On peut noter que ce phénomène de préservation des connaissances générales plutôt que spécifiques ne semble pas être uniquement inhérent à la pathologie car certains travaux le relèvent également auprès de populations de personnes âgées ne présentant pas de pathologies particulières (Montanes, Goldblum & Boller, 1996 ; Baeckman, Small & Wahlin, 2001). Cet effet serait donc provoqué par le vieillissement normal et s'accentuerait avec une pathologie telle que la DTA.

II.3.2. Évolution de la notion de niveau de base : le niveau d'entrée

En 1984, Jolicoeur, Gluck et Kosslyn enrichissent cette proposition d'organisation taxonomique des connaissances sémantiques en mémoire en suggérant de remplacer, au sein de cette hiérarchie, le niveau de base par le *niveau d'entrée*. Tout comme le niveau de base, le niveau d'entrée se distinguerait d'un niveau supra-ordonné et d'un niveau infra-ordonné. Il serait défini par le terme utilisé spontanément pour dénommer l'objet lors de la présentation de son image.

La notion de niveau d'entrée présente l'avantage de lier les principes de dimension horizontale et verticale, ce que ne permettait pas le niveau de base. En effet, d'après la taxonomie probabilistique, "oiseau" est un niveau de base dans la hiérarchie des catégories animalières (dimension verticale). A l'intérieur de cette catégorie "oiseau" (on se trouve alors dans la dimension horizontale), la notion de niveau d'entrée apporte une nuance basée sur les différences de statut cognitif des objets de cette catégorie induite par la distance qui les sépare du prototype. Par exemple, si le dessin d'un moineau est présenté, la dénomination la plus courante est "oiseau". "Oiseau" peut donc être considéré comme le niveau d'entrée du moineau. Par contre, si l'image d'un pingouin (moins typique des oiseaux) est proposée, la dénomination spontanée est "pingouin". "Pingouin" est donc le niveau d'entrée pour pingouin. Nous pouvons souligner que la notion de niveau d'entrée s'articule avec celle de la typicalité, dépassant ainsi la notion de niveau de base qui ne prenait pas en compte cet aspect.

Des études menées en imagerie cérébrale auprès de sujets sains confortent la pertinence de cette notion et révèlent l'existence de mécanismes neuronaux spécifiques pour le traitement d'informations à chacun de ces niveaux de la taxonomie.

Les travaux de Kosslyn, Alpert et Thompson (1995) montrent en effet une activation cérébrale dans des régions différentes selon le niveau de récupération de l'information. Leurs expériences, réalisées en tomographie par émission de positons (TEP), consistaient en une vérification d'appariement entre un dessin perçu visuellement et un label verbal présenté auditivement ; ce label pouvant être le nom de l'objet au niveau d'entrée (oiseau), ou au niveau supra-ordonné (animal) ou bien encore au niveau infra-ordonné (rouge-gorge).

Pour le traitement de catégories supra-ordonnées (plutôt que de niveau d'entrée), ces auteurs observent des activations dans le cortex pré-frontal dorso-latéral (hémisphère gauche) et des activations à la jonction temporo-pariétale gauche. Ceci pouvant respectivement correspondre à une recherche d'informations supplémentaires en mémoire ainsi qu'à une récupération d'information dans un lieu de stockage. Lorsqu'il

s'agit de traiter des catégories infra-ordonnées (plutôt que de niveau d'entrée), une activation du lobe temporal inférieur est observée. Elle est interprétée comme une recherche d'informations *perceptives* supplémentaires dans l'image. Ces interprétations se trouvent confortées par les résultats obtenus par ces mêmes auteurs dans une autre expérience manipulant simplement le temps de présentation du dessin auquel le nom est associé (Kosslyn, Alpert & Thompson, 1995). Dans cette expérience, une influence négative de la rapidité de présentation du dessin est spécifiquement relevée pour les vérifications des noms au niveau infra-ordonné. Les auteurs interprètent cet effet comme la conséquence d'une exploration visuelle approfondie du dessin qui est nécessaire pour ce niveau (par rapport à une vérification au niveau d'entrée). Par contre, lorsque la vérification du nom est à réaliser au niveau supra-ordonné, la réduction du temps de présentation du dessin n'a aucune influence : la vérification à ce niveau peut être faite à partir de l'exploration de connaissances contenues en mémoire (avec sans doute une inférence catégorielle).

Ces arguments corroborent donc l'idée de l'existence de plusieurs niveaux de stockage des connaissances sémantiques. Il serait possible de distinguer un "niveau d'entrée", donnant accès à des connaissances basiques (c'est un oiseau), un niveau "supra-ordonné" composé de connaissances de domaine (c'est un animal) et un niveau "infra-ordonné" stockant des concepts plus spécifiques (c'est un moineau). L'ensemble des arguments a principalement permis de démontrer l'existence d'une telle organisation pour les noms des concepts. Dans notre travail, nous testerons l'hypothèse d'une organisation semblable pour les *propriétés définissant les objets*. Pour un même objet (par exemple : "pivert"), nous manipulerons des propriétés relevant du niveau d'entrée et des propriétés de niveau supra-ordonné (respectivement, pour cet exemple : "peut piquer le bois" et "a des ailes"). Nous faisons l'hypothèse qu'il existe plusieurs niveaux supra-ordonnés pour un même objet (toujours pour cet exemple : "a des ailes" est vérifiable au niveau supra-ordonné "ontologique" (il réfère au fait que le pivert est un oiseau) et "a un coeur" est stocké à un niveau supérieur que nous nommerons "niveau supra-ordonné de domaine" (cet attribut faisant référence au fait que le pivert est un animal). Enfin, au cours de nos différentes expériences, nous nous attacherons à démontrer que les niveaux auxquels sont stockées les connaissances sémantiques relatives à un même objet sont indépendants.

II.4. Autres variables influençant la récupération des connaissances sémantiques

La fréquence, l'appartenance catégorielle des objets (plus précisément, la nature des traits qui définissent les objets et le domaine dont ils relèvent) ainsi que le niveau de stockage de l'information sont des principes organisateurs des connaissances sémantiques en mémoire. D'autres facteurs, tels que la colorisation des stimuli, leur modalité de présentation ou le genre des sujets, modulent la récupération des connaissances sémantiques en mémoire.

Ces facteurs ne sont pas forcément à considérer comme des principes organisateurs au même titre que les précédents (on ne suppose pas, par exemple, que les connaissances sémantiques sont organisées radicalement différemment chez les

hommes et chez les femmes) mais nous allons voir que de nombreux arguments démontrent l'influence de ces facteurs sur les performances des sujets dans différentes épreuves sémantiques.

Ces trois facteurs ne sont évidemment pas exhaustifs et l'on peut, par exemple, citer un travail récent ayant démontré l'influence de la dimension émotionnelle sur le traitement des informations sémantiques chez des patients atteints de DTA (Versace, Augé, Thomas-Antérion & Laurent, 2002).

II.4.1. Modalité de l'indice de récupération des connaissances sémantiques

Dès 1885, Cattell (cité par Ferrand, Segui et Grainger, 1995) a mis en évidence l'effet de la modalité de présentation des stimuli. Il a en effet observé que la lecture du nom d'un objet était toujours plus rapide que sa dénomination à partir d'un dessin. Cet effet fut ensuite confirmé et mesuré : la différence entre ces deux traitements est évaluée à 200 ms en moyenne (178 ms pour Theios et Amrhein, 1989 ; 173 ms pour Irwin et Lupker 1983, 260 ms pour Potter et Faulkonner, 1975)³¹. Cependant, lorsqu'il s'agit d'une tâche de catégorisation sémantique, la présentation imagée des stimuli favorise les réponses des sujets (Potter & Faulkonner, 1975 ; Riddoch & Humphreys, 1987). Ceci rejoint les observations de la neuropsychologie : les sujets DTA traitent généralement mieux et plus rapidement les items présentés sous forme imagée que sous forme verbale (McCarthy & Warrington, 1988 ; Farah et al., 1989 ; Farah & McClelland, 1991 ; Sheridan & Humphreys, 1993).

Ces données mettant en évidence des performances différentes selon le mode de l'indice (visuel ou verbal) pour récupérer l'information sémantique en mémoire ont généré un débat autour de la modularité de la mémoire sémantique. La première conception propose une division de la mémoire sémantique en deux sous-systèmes alors que la deuxième défend une mémoire sémantique unitaire.

Les observations de patients atteints de démence dégénérative pour lesquels il est possible d'observer une dissociation entre le traitement des dimensions visuelles (c'est-à-dire sur la forme) et verbales (par exemple, connaissances sur la fonction ou sur les capacités des objets) pour un même objet ont conduit Shallice et Warrington (1970) à proposer une organisation modulaire de la mémoire sémantique. Les informations sémantiques visuelles et verbales d'un même objet seraient stockées dans des sous-systèmes mnésiques sémantiques distincts (*module visuel et module verbal*). Ce modèle présente deux particularités : l'accès aux informations contenues dans un module est conditionné par une entrée relevant de la même modalité, et l'accès au nom de l'objet (extérieur à ces deux sous-systèmes) est possible à partir de l'un ou l'autre de ces sous-systèmes.

Suite à l'observation de patients aphasiques, Beauvois (1982) (puis développé dans Beauvois et Saillant, 1985) propose également une organisation en deux sous-systèmes de la mémoire sémantique mais modifie la proposition de Shallice et Warrington (1970). Beauvois postule que les informations picturales et verbales soient stockées dans des

³¹ Données rapportées par Boucart (1996).

modules séparés dont l'accès serait conditionné par une entrée sur la même modalité. Cependant, contrairement au modèle précédent, les connaissances relatives à un même objet seraient stockées spécifiquement dans l'un ou dans l'autre de ces sous-systèmes, l'information contenue dans un système ne correspondrait donc pas à la réplique de l'information contenue dans l'autre sous système. De plus, dans ce système, le nom de l'objet ne serait accessible directement qu'à partir des connaissances verbales : les informations visuelles ne permettraient pas à elles seules d'y accéder, elles doivent activer de façon intermédiaire le module verbal.

La deuxième conception défend l'idée d'une mémoire sémantique traitant les dimensions visuelles et verbales dans un même système. Pour Caramazza, Hillis, Rapp et Romani (1990) un concept serait défini par un ensemble de propriétés (structurales, actions liés à cet objet et informations sur le lien entre cet objet et les autres objets du monde). Dans ce modèle OUCH (Organized Unitary Content Hypothesis), l'accès aux informations serait permis de façon multimodale, et ce quelle que soit la nature de la propriété à récupérer. Cependant l'accès à une information à partir de la modalité qui lui est habituellement associée serait tout de même privilégié. De plus, les mots permettraient d'accéder immédiatement aux propriétés qui définissent le concept (par exemple : "une fourchette est une fourchette car je mange avec") alors que la modalité imagée permettrait d'accéder de façon automatique et simultanée à *toutes* les informations ("une fourchette est une fourchette car je mange avec et je peux manger avec car je constate qu'elle a des dents, un manche"...). Ce modèle suppose que ces propriétés sont plus ou moins liées les unes aux autres (on rejoint alors la notion de réseau). La modalité de l'indice de récupération de l'information conditionne donc le mode de récupération des propriétés même si, au final, l'ensemble des connaissances peut être récupéré quelle que soit sa nature.

La modalité visuelle ou verbale de l'accès aux connaissances sémantiques semble donc devoir être prise en considération dans des tâches cherchant à évaluer l'organisation des connaissances sémantiques. Cependant, d'un point de vue méthodologique, les paradigmes utilisés classiquement en psychologie cognitive pour rendre compte de ces effets ne nous semblent pas suffisamment rigoureux. La présentation des travaux de Montanes, Goldblum et Boller (1996) permet d'illustrer ce fait. La tâche des sujets consistait à classer des objets selon leur domaine (vivant ou non vivant) et leur niveau : "subordonné" (par exemple : fruit) ou "attribut" (par exemple : fruit exotique). Cette tâche, proposée à 39 patients DTA et 39 contrôles, était tout d'abord réalisée avec du matériel verbal puis, 24 heures plus tard, elle était à nouveau proposée avec du matériel imagé (dessin) aux mêmes sujets. Les performances obtenues avec les dessins étaient statistiquement équivalentes à celles recueillies lorsque des mots étaient impliqués, ceci amenant les auteurs à conclure à une absence d'effet de la modalité de présentation des stimuli. Selon nous, la méthode consistant à répéter la même expérience auprès des mêmes sujets et avec un court délai entre ces passations, implique sans doute des effets d'apprentissage et, de ce fait, les conclusions des auteurs sont fragilisées.

Aussi, dans nos expériences, nous étudierons de façon plus rigoureuse cet effet de la modalité des stimuli en constituant une expérience pouvant être présentée en version mot

ou en version imagée. La passation de ces expériences sera réalisée par deux groupes différents mais dont nous nous serons statistiquement assuré, au préalable, de l'équivalence au niveau de l'âge, du niveau culturel... Ainsi, nous limiterons les biais éventuels et pourrons interpréter les différences observées entre les performances de ces groupes comme un effet du mode d'accès aux connaissances sémantiques en mémoire.

II.4.2. Colorisation

Dans les expériences impliquant des sujets sans pathologie particulière, les données de la littérature rapportent classiquement un effet facilitateur de la couleur sur les performances (Biederman et Ju, 1988). Les travaux de Bardin (2002) confirment cet effet facilitateur de la couleur dans une tâche de comparaison de dessins d'animaux du point de vue de la taille (les sujets devaient juger si celle-ci était identique ou non entre deux objets) mais dans laquelle les expérimentateurs faisaient varier la couleur des objets présentés. Les performances obtenues par les sujets pour comparer la taille des objets sont meilleures (pour les temps de réponse et les taux d'erreurs) dans la condition "couleur adéquate" que dans la condition "noir et blanc". La comparaison des performances dans la condition "noir et blanc" et celles obtenues suite à une troisième condition "couleur inadéquate" (pour cette condition, les couleurs des deux dessins à comparer sont inversées) montre que la couleur n'est pas toujours facilitatrice : les sujets obtiennent en effet de meilleures performances pour les dessins noir et blanc que lorsqu'ils sont colorisés. Des observations neuropsychologiques confirment ce rôle facilitateur de la couleur : cette dimension facilite le traitement des objets chez les patients agnosiques, la couleur étant donc particulièrement utile lorsque le traitement de la forme des objets est déficitaire (Humphrey, Goodale, Jakobson & Servos, 1994).

L'effet de la couleur interagit avec l'appartenance catégorielle des objets : l'influence de la couleur est en effet généralement plus massivement rapportée pour le domaine des animaux que pour les artefacts. Ceci peut notamment être illustré par l'épreuve proposée par Price et Humphreys (1989). Dans cette expérience, les sujets avaient pour consigne de dénommer les objets relevant du domaine du monde vivant ou non vivant. Ceux-ci étaient présentés sous forme de photographies ; les objets étaient soit colorisés avec leur couleur habituelle, soit avec des nuances de gris ou bien encore avec des couleurs incorrectes. Les résultats de ces travaux ont révélé un effet de la variable couleur circonscrit à la catégorie des êtres vivants. Des études menées auprès de patients atteints de DTA confirment cet effet plus prononcé de la couleur pour le domaine du vivant par rapport au non vivant. Les travaux de Chainay et Rosenthal (1996), basés sur des tâches de dénomination d'images et d'appariement entre des mots et des objets, soulignent que l'effet bénéfique de la couleur est plus prononcé pour les catégories naturelles (44.42 % de bonnes réponses pour la catégorie naturelle contre 36.48 % pour les objets manufacturés). Montanes, Goldblum et Boller (1995) rapportent des observations identiques dans des épreuves de dénomination d'objet réalisées par 25 patients DTA. Le travail de Chalamet-Mathiolon (2001) permet de mettre en évidence que cet effet privilégié de la couleur pour les animaux existe aussi chez les enfants. Cette expérience d'imagerie mentale visuelle montre en effet que les enfants de 7 et 8 ans activent automatiquement les connaissances sur la couleur d'un animal lorsqu'ils doivent

seulement imaginer la forme de celui-ci alors qu'ils sont en mesure d'activer séparément ces dimensions forme et couleur pour les artefacts.

De plus, même à l'intérieur d'une catégorie, tous les objets ne sont pas associés à une couleur avec le même degré de stabilité (par exemple, une banane est le plus fréquemment jaune, alors qu'une pomme peut être rouge, jaune, verte...). Cette différence a sans aucun doute des conséquences sur les performances des sujets. Aussi, nous pensons judicieux de contrôler ces facteurs lorsque nous employons des dessins dans les expériences : ceux-ci seront toujours des dessins aux traits, noir et blanc.

II.4.3. Genre des sujets testés

Plusieurs études tendent à montrer quelques différences d'organisation des connaissances en mémoire dans certaines catégories sémantiques selon le genre des sujets testés.

Dans des tâches de fluence verbale menées auprès d'une population de sujets ne présentant pas de pathologie particulière, les hommes produisent de meilleures performances pour la catégorie des outils, alors que la production verbale des femmes est meilleure pour la catégorie des fruits (Capitani, Laiacona et Barbarotto, 1999). Ceci est confirmé par Laws (1999) à travers l'étude des latences dans une épreuve de dénomination d'images dont la familiarité avait été contrôlée : les hommes sont plus rapides pour énoncer des noms appartenant à la catégorie des artefacts alors que les femmes sont plus rapides pour la catégorie des objets naturels. Mais cette spécificité catégorielle liée au genre des sujets ne s'exprime pas toujours dans cette opposition logique entre vivants et non vivants. Les travaux de McKenna et Parry (1994), basés sur une épreuve de dénomination d'images, montrent par exemple des distinctions selon le genre au sein du domaine du vivant : les femmes étant meilleures pour les fruits et les végétaux alors que les hommes présentent de meilleures performances pour les animaux. De même, pour le domaine du non vivant, les femmes produisent de meilleures performances pour les objets non manipulables alors que les hommes sont plus performants pour les objets manipulables.

Les observations neuropsychologiques réalisées par Laiacona, Luzatti, Zonca, Guarnaschelli et Capitani (2001) sur une population de 49 patients souffrant d'aphasie vont également dans le sens d'une influence du genre sur le traitement catégoriel. Dans cette population de patients, 6 cas ont été rapportés comme présentant des troubles particuliers à propos d'objets du monde vivant et 4 pour des objets non vivants. Parmi les 6 patients déficients pour les vivants, 5 étaient masculins alors que tous les déficits spécifiques pour les objets inanimés étaient exclusivement présentés par des femmes. Ces préférences catégorielles liées au genre des individus ont également été observées chez des patients atteints de DTA (Laiacona, Barbarotto et Capitani, 1998). Mais tous les travaux ne vont pas dans le même sens : ce sont parfois des hommes qui présentent des déficits pour les artefacts (Cappa, Frugoni, Pasquali, Perani & Zorat, 1998) et les femmes qui souffrent de difficultés particulières pour le traitement des objets du monde vivant (Sartori, Miozzo & Job, 1993 ; De Renzi & Lucchelli, 1994).

Il est difficile d'expliquer cet effet du genre seulement par la familiarité ou la

fréquence : lorsque ces dimensions sont contrôlées, des différences entre les hommes et les femmes sont encore observables (Funnel & DeMornay Davies, 1996 ; Albanese, Capitani, Barbarotto & Laiacina, 2000). Mais, malgré le fait que cet effet du genre des sujets reste difficile à expliquer et qu'il se manifeste parfois différemment suivant les études, ce facteur doit être pris en compte dans les recherches portant sur les connaissances sémantiques en mémoire. Ainsi, dans nos expériences, nous nous attacherons à contrôler cet effet du genre en équilibrant le nombre d'hommes et de femmes. De même, nous nous attacherons à contrôler le niveau culturel ainsi que l'âge des sujets testés, car les différences entre les performances des sujets peuvent également être liées à ces facteurs (Kay & Hanley, 1999 ; Efklides, Yiultsi, Kangelidou, Kounti, Dina & Tsolaki, 2002).

III. SYNTHÈSE ET PROBLÉMATIQUE

Comme nous avons pu le souligner au cours de cette partie théorique, les arguments permettant de mettre en avant le rôle central joué par la fréquence, l'appartenance catégorielle des concepts et leurs niveaux de traitement, dans l'organisation des connaissances en mémoire sont nombreux. Ces arguments proviennent de disciplines différentes mais dont la complémentarité apparaît ici évidente : la psychologie cognitive, la neuropsychologie, l'informatique...

Le travail que nous menons auprès des adultes s'inscrit, lui aussi, dans cette perspective de rassemblement de conclusions pour dépasser un questionnement particulier. Notre objectif est en effet d'étendre la question de l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire *aux attributs qui définissent les objets* et non plus simplement *aux noms des objets*, comme cela est le plus souvent le cas, en prenant en considération et en affinant les conclusions issues des travaux sur les noms des objets.

Par exemple, les études portant sur les noms des objets ont permis de souligner le rôle de la fréquence. Dans nos expériences, nous porterons une attention particulière à cette variable mais nous l'évaluerons avec la notion de spécificité, particulièrement adaptée à l'étude des attributs des objets. De même, le niveau de traitement de l'information apparaît central pour l'organisation des noms des objets. Nous nous intéresserons donc à cette dimension mais nous utiliserons la notion de niveau d'entrée plutôt que celle de niveau de base et nous faisons l'hypothèse qu'il existe non pas un mais plusieurs niveaux supra-ordonnés. Nous pensons que les connaissances stockées à ces différents niveaux sont indépendantes. Enfin, l'appartenance catégorielle des objets a été démontrée comme particulièrement influente pour l'organisation des connaissances. Dans nos travaux, nous focaliserons particulièrement notre attention sur l'organisation des connaissances pour le domaine des êtres vivants.

Notre but n'est pas d'étudier indépendamment les effets de ces différents facteurs. Nous pensons que l'organisation en mémoire des attributs des êtres vivants est *à la fois* sensible au niveau de généralité auquel ils sont traités, au degré plus ou moins élevé de spécificité, et à la nature du contenu de leur propriété. Concernant cette variable "nature", nous pouvons noter que, dans notre travail, nous étudions les effets de la nature

fonctionnelle ou structurale (plutôt que visuelle) au sein d'un même domaine : le domaine des êtres vivants. Alors que ces deux types d'attributs sont classiquement associés respectivement aux artefacts et aux animaux, nous pensons, que dans un même domaine, leur différence de nature peut être étudié.

Comme nous l'avons vu, d'autres facteurs propres aux stimuli (modalité de présentation, colorisation...) ou aux sujets (genre, âge...) semblent influencer la récupération des connaissances sémantiques. Dans nos différentes expériences, nous porterons également une attention particulière à ces différents facteurs.

- Les hypothèses théoriques testées dans nos 5 expériences sont les suivantes :
- 1/ Les attributs des objets, et non pas simplement les noms des objets, sont organisés de façon hiérarchique en mémoire. Différents niveaux de stockage et de récupération sont identifiables : niveau infra-ordonné, niveau d'entrée et niveaux supra-ordonnés.
- 2/ Pour un même objet, les connaissances contenues à ces différents niveaux sont indépendantes.
- 3/ La différence entre la nature des propriétés (fonctionnelle ou structurale) peut être étudiée pour le domaine des êtres vivants, aussi bien lorsque la connaissance est récupérable au niveau d'entrée que lorsqu'elle l'est au niveau supra-ordonné.
- 4/ La modalité d'accès à l'information (verbale ou imagée) a une influence dans la récupération des connaissances sémantiques en mémoire. Une présentation imagée induit une stratégie basée sur l'image mentale qui est particulièrement bénéfique pour le traitement des informations structurales. Par contre, une expérience strictement verbale ne permet plus ces effets facilitateurs.

PARTIE EXPERIMENTALE

I. Expérience 4 : Vérification de propriétés à partir d'un dessin

Le but de cette expérience est de mettre en évidence l'existence d'une organisation hiérarchique pour les attributs relatifs à un même objet chez le sujet adulte. Nous faisons l'hypothèse que cette organisation sera observable à travers l'existence de deux niveaux de stockage (entrée et supra-ordonné). Nous souhaitons mieux connaître la nature des variables (niveau hiérarchique, nature de la propriété) conditionnant la récupération de ces connaissances. Le plan de l'expérience comporte plusieurs conditions expérimentales articulant ces variables Niveau et Nature : les propriétés peuvent être récupérées à deux niveaux (au niveau d'entrée ou au niveau supra-ordonné) et peuvent porter sur une information de type structural ou bien fonctionnel.

Des variations entre les temps de réponse et entre les taux d'erreurs selon ces

conditions traduiront des différences dans le statut cognitif des attributs. Nous pensons en effet observer une différence de performances pour les informations récupérables au niveau d'entrée et celles qui le sont au niveau supra-ordonné et ce en faveur du niveau d'entrée. De même, nous pensons observer un effet de la nature, cet effet pouvant s'exprimer différemment suivant le niveau de vérification de l'information. L'observation d'une telle interaction qui se manifesterait, par exemple, par une sensibilité différente de chaque niveau à la nature des attributs, constituerait un argument favorable à l'indépendance relative des différents niveaux de récupération de l'information.

Différents facteurs tels que le degré de spécificité des attributs, l'âge, le sexe, le genre des sujets testés sont rigoureusement contrôlés.

I.1. Méthode

I.1.1. Sujets

Cette expérience a été proposée à 13 sujets adultes jeunes (6 hommes, 7 femmes, (moyenne = 22.5 ans ; écart-type (MSD) = 2.8 ans). Ces sujets ont été soumis à deux tests d'évocation lexicale sémantique exigeant la production d'un maximum de mots obéissant à un critère orthographique ou sémantique (2 minutes sur la lettre "p" : fluence formelle ; 2 minutes sur la catégorie "animal" : fluence catégorielle) afin de détecter d'éventuels troubles de la mémoire sémantique. Leurs résultats (respectivement, moyenne : 25.2 mots et écart-type : 7.9 pour la fluence formelle et moyenne : 35 mots (MSD = 9.9) pour la fluence catégorielle) sont conformes aux données de référence proposées par Cardebat, Doyon, Puel, Goulet et Joanette (1990).

Les sujets étaient tous volontaires, étudiants en psychologie à l'Université Lyon 2. Les passations se sont déroulées au sein du Laboratoire EMC, dans une salle d'expérimentation insonorisée.

I.1.2. Stimuli

Cette expérience consistait en une tâche informatisée basée sur un paradigme de vérification de propriétés. Dans cette épreuve, les sujets devaient juger de la véracité d'association entre un dessin et une propriété.

Les sujets avaient 144 jugements à effectuer, chacun de ces items était constitué d'un dessin représentant un être vivant et d'une propriété présentée sous forme verbale³². La moitié des associations attendaient une réponse positive, l'autre moitié une réponse négative. Parmi les réponses positives (72), 36 étaient récupérables à partir du niveau d'entrée et 36 à partir du niveau supra-ordonné. Ces items étaient également répartis équitablement en fonction de la nature de l'attribut qui pouvait être soit structurale (l'attribut est relatif à une partie de l'objet) soit fonctionnelle (l'attribut est relatif à une fonction ou à une action réalisable par l'objet). La Figure 15 reprend cette répartition.

³² Les 144 dessins ainsi que les 144 propriétés (expérimentales et distractives) utilisées dans cette Expérience 4 sont consultables en Annexes (page 22 à 28) avec, pour chacune, l'évaluation moyenne de sa spécificité et le nombre de lettres.

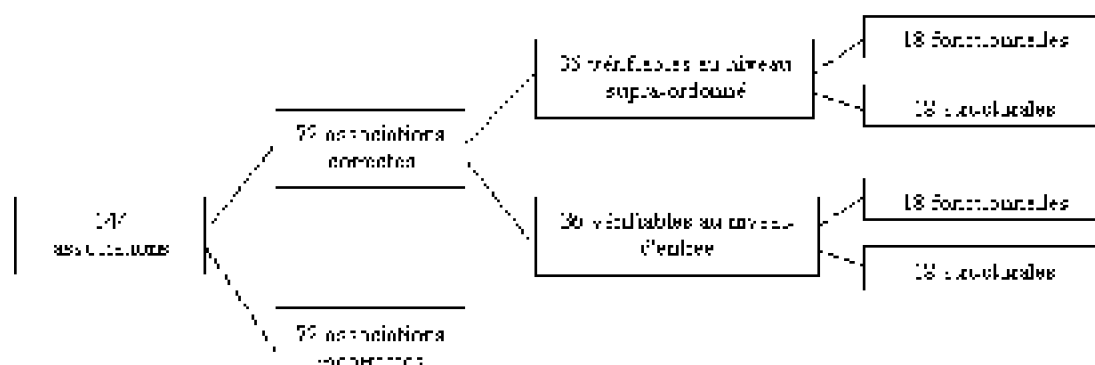


Figure 15 — Répartition des items proposés pour l'Expérience 4 en fonction du niveau de vérification (Entrée / Supra-ordonné) et de la nature (Fonctionnelle / Structurale).

Deux prétests sur le matériel expérimental ont été réalisés avant que l'expérience ne soit proposée aux sujets : le premier prétest avait pour but de vérifier l'identification correcte des dessins et le deuxième visait à confirmer le degré de spécificité des propriétés.

Prétests pour la sélection des dessins — Afin de s'assurer de l'identification correcte des dessins, nous avons effectué un prétest auprès de 10 personnes différentes de celles ayant réalisé l'expérience. A l'issue de ce prétest, nous n'avons retenu que les dessins identifiés de façon unanime, c'est-à-dire dénommés par le même terme (niveau d'entrée). Ce prétest était nécessaire en raison du fait que certains objets étaient présentés sous un angle non familier (l'éléphant était vu de trois quarts dos, par exemple). De telles orientations, parfois non familières, permettaient de répondre à une contrainte que nous nous étions imposée : les propriétés, qu'elles soient structurales ou fonctionnelles, ne devaient jamais être récupérables directement à partir de l'examen du dessin.

Les 144 dessins étaient tous de même facture : des dessins au trait, en noir et blanc, inscrits dans un cadre carré de 6.5 cm de côté, le bord de chaque dessin étant situé à 2 ou 3 mm du cadre. Quelques dessins proviennent de la batterie de Snoodgrass et Wanderwart (1980) mais la plupart ont été réalisés par nos soins pour les besoins de cette expérience.

Prétests pour les propriétés — Les propriétés associées aux dessins étaient exprimées sous forme de courtes propositions dont le degré de spécificité extra-catégorielle (élevé ou faible) était équilibré entre les listes³³. La spécificité a été évaluée par 10 personnes différentes de celles ayant réalisé l'expérience. Dans ce prétest, l'expérimentateur énonçait oralement le nom d'un objet et la propriété qui lui était associée, et le sujet avait pour consigne de décider si, selon lui, la propriété était

³³ La spécificité intra-catégorielle n'a pas fait l'objet d'un prétest et a été établie a priori puisque cette variable correspond au critère de sélection de nos attributs. Lorsque la spécificité intra-catégorielle est faible, les attributs sont vérifiables au niveau d'entrée alors qu'une propriété ayant une forte spécificité intra-catégorielle est valable pour l'ensemble de la catégorie à laquelle appartient l'objet (niveau supra-ordonné).

également partagée par d'autres objets en dehors de ceux de sa catégorie supra-ordonnée. Les catégories supra-ordonnées étaient précisées au début du prétest. Si tel était le cas, la réponse (verbale) du sujet était codée par un signe "+" par l'expérimentateur, le signe "0" était utilisé lorsqu'aucun autre objet, en dehors de ceux de la même catégorie, ne possédait cette propriété. A l'issue de ces 10 passations, l'avis majoritaire a été conservé.

Afin de pouvoir comparer les temps de lecture entre les conditions expérimentales, nous avons pris soin d'équilibrer la longueur moyenne des énoncés pour les propriétés. Pour chacune des conditions expérimentales, le nombre total de lettres était de 92 (+/- 1).

Enfin, afin que les différences de performances observées ne puissent être imputées à des différences relatives aux dessins présentés (familiarité, caractère plus ou moins agréable...), nous avons constitué deux listes (A et B), le sujet traitant l'une ou l'autre. Une image associée à un attribut récupérable à un niveau d'entrée dans la liste A était associée dans la liste B à un attribut récupérable au niveau supra-ordonné et vice-versa. Pour chacune des deux listes, nous avons constitué 3 mini-blocs que nous avons présentés dans trois ordres différents selon la technique du carré latin, ceci afin de contrebalancer les effets d'ordre.

I.1.3. Matériel

L'expérience a été construite grâce au logiciel PsyScope 1.2.1 PPC (Cohen, MacWhinney, Flatt & Provost, 1993). Les stimuli apparaissaient sur l'écran d'un ordinateur de type Power Macintosh 7300/200. Les sujets ont été testés individuellement dans une pièce insonorisée.

I.2. Procédure

Dans cette expérience, le sujet se trouvait face à un écran sur lequel se succédaient un point de fixation pendant 1000 ms, puis un dessin pendant 1200 ms³⁴, puis une propriété présentée sous forme verbale. Celle-ci restait affichée à l'écran jusqu'à ce que le sujet donne sa réponse à l'aide de deux touches du clavier. Tous ces événements apparaissaient au centre de l'écran. Les touches de réponse (oui/non) étaient indiquées par des pastilles de couleur (verte/rouge). La Figure 16 présente cette procédure.

³⁴ Ce temps de présentation du dessin (1200 ms) peut paraître excessif aux vues d'une étude princeps (Honoré, 1999) ayant démontré que la reconnaissance de ces dessins était effective dès 200 ms. Cependant, l'objectif de notre travail est de pouvoir proposer cette Expérience 4 à des populations de personnes âgées présentant (ou non) un début de DTA et de pouvoir comparer les performances obtenues par ces différents groupes. Ce temps de présentation de 1200 ms correspond donc au temps minimum nécessaire à la reconnaissance des dessins pour ces populations âgées.

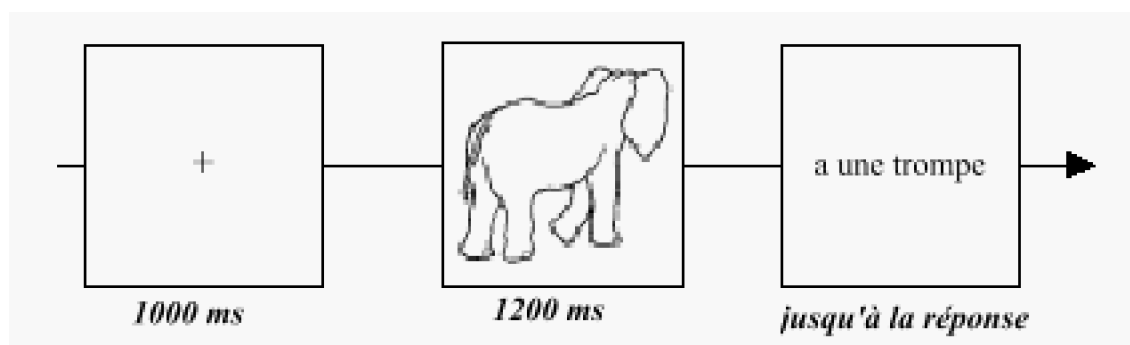


Figure 16 — Succession des événements pour l'Expérience 4 (vérification de propriétés à partir d'un dessin).

Le sujet avait pour consigne de juger le plus exactement possible l'adéquation de l'objet représenté avec la propriété lue. Aucune indication ne lui était donnée quant à la rapidité avec laquelle il devait réaliser la tâche. Après une série de 5 essais, l'expérience débutait et durait une trentaine de minutes. L'expérience comportait deux pauses dont nous laissons au sujet le temps d'appréciation.

Les temps de réponse (en ms) et les taux d'erreurs étaient enregistrés par l'ordinateur.

I.3. Résultats et discussion

Deux analyses de variance à mesures répétées (Anova) ont été réalisées sur les temps de réponse des items expérimentaux (les erreurs ayant été exclues au préalable) et sur les taux d'erreurs³⁵. Ces analyses de variance à mesures répétées comportaient deux facteurs intra-individuels : Niveau (entrée ou supra-ordonné) et Nature (fonctionnelle ou structurale). Ces analyses ont été effectuées pour les sujets (E1) et pour les items (E2).

Le temps de réponse moyen est de 1015 ms pour cette épreuve (MSD = 510 ms). Il s'accompagne d'un taux d'erreurs de 9.29 %. Cette proportion semble excessive aux vues des performances recueillies dans une étude princeps proposée à 36 étudiants (Honoré, 1999) qui, bien d'un niveau de difficulté plus élevé, conduisait seulement à 7.02 % d'erreurs. Dans cette étude, la difficulté était accrue car le dessin était précédé et suivi d'un masque visuel, le temps de présentation du dessin était plus court (200 ms) et le sujet avait pour consigne de répondre le plus rapidement possible. Le pourcentage d'erreurs assez important relevé dans l'Expérience 4 ne peut donc pas s'expliquer par une difficulté accrue de la tâche. Il ne peut pas non plus être interprété comme le résultat d'un déficit des connaissances sémantiques, car, si tel avait été le cas, d'autres indicateurs auraient traduit cette difficulté. Or, les performances des sujets aux tests de fluence sont compatibles avec les normes habituellement rencontrées pour cette population. De plus, l'analyse des temps de réponse pour les items sur lesquels les sujets ont commis des erreurs, montre que 98.39 % de ces temps ne sont pas « déviants » : ils restent en effet inférieurs à la limite au-delà de laquelle la réponse n'était plus recevable (cette limite correspondait au temps moyen plus deux écarts-types)³⁶. Les erreurs des sujets jeunes correspondent donc rarement à des hésitations. Il semble donc que le

³⁵ Les tableaux généraux des analyses Anova réalisées pour l'Expérience 4 sont consultables en pages 20 et 21 des Annexes.

pourcentage d'erreurs élevé dans cette expérience illustre un compromis entre la rapidité et l'exactitude : bien qu'aucune consigne n'ait été donnée à ce propos, les sujets jeunes semblent s'être imposés une contrainte temporelle. En répondant particulièrement rapidement, ils ont commis de nombreuses erreurs.

L'analyse portant sur les temps de réponse montre **un effet du niveau d'accès** à la connaissance de l'attribut. Les réponses sont plus rapides lorsque les informations sont récupérables au niveau d'entrée que lorsqu'elles le sont au niveau supra-ordonné, $F_1(1, 12) = 20.313$, $p < .01$, $F_2(1, 140) = 15.917$, $p < .01$. Cet effet du niveau ne se retrouve cependant pas pour les taux d'erreurs $F_1(1, 12) = 1.203$, $p > .05$, $F_2(1, 140) = 0.228$, $p > .05$. Ces premiers résultats mettent en évidence que la récupération des connaissances relatives à des attributs d'un même objet s'effectue sur un rythme différent selon le niveau auquel cet attribut est pertinent. Ce rythme différent s'accorde avec notre hypothèse d'une organisation hiérarchique de ces connaissances.

La nature de l'attribut (fonctionnelle ou structurale) a également un effet sur les temps de réponse. Les réponses sont globalement plus rapides pour les attributs structuraux que pour les attributs fonctionnels, $F_1(1, 12) = 9.648$, $p < .01$, $F_2(1, 140) = 6.159$, $p < .05$. Ce résultat se distingue de ceux obtenus avec des études manipulant des propriétés visuelles et fonctionnelles dans lesquelles de meilleures performances sont toujours relevées pour les attributs fonctionnels plutôt que visuels (Caramazza & Shelton, 1998 ; Thompson-Schill & Gabrieli, 1999). Ceci souligne l'importance de la distinction entre la nature dite "structurale" et la nature strictement visuelle des propriétés.

Les variables Niveau et Nature interagissent significativement pour les temps de réponse pour les sujets $F_1(1, 12) = 64.521$, $p < .05$ et pour les taux d'erreurs $F_1(1, 12) = 6.685$, $p < .05$, $F_2(1, 140) = 4.401$, $p < .05$. Ces deux interactions, illustrées par la Figure 17, révèlent que l'effet de la nature de l'information se manifeste différemment selon le niveau de stockage de l'information.

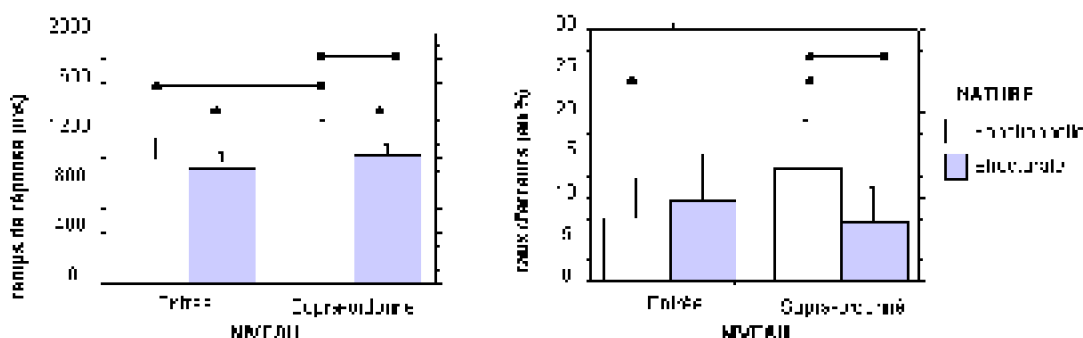


Figure 17 — Interaction Niveau*Nature pour l'Expérience 4 pour les temps de réponse (à gauche) et pour les taux d'erreurs (à droite). Les liens en trait plein entre deux conditions indiquent une comparaison de moyennes significative à $p < .05$.

Pour le niveau supra-ordonné, un effet de la nature est observable : les informations structurales sont mieux et plus rapidement traitées que les informations

³⁶ Nous verrons que pour les patients atteints de DTA, les temps de réponses ayant donné lieu à des erreurs dépassent le plus souvent cette limite, ceci traduisant une perte du stock des connaissances sémantiques en mémoire.

fonctionnelles (respectivement, $F_1(1, 12) = 7.521$, $p < .05$, $F_2(1, 140) = 4.883$, $p < .05$ et $F_1(1, 12) = 21.335$, $p < .01$, $F_2(1, 140) = 8.617$, $p < .01$). **Pour le niveau d'entrée**, les informations fonctionnelles et structurales donnent lieu à des temps de réponses et des taux d'erreurs statistiquement non différents.

Ces premiers résultats suggèrent que le traitement des informations supra-ordonnées structurales est particulièrement favorisé dans cette expérience. La disparition de l'effet du niveau sur les taux d'erreurs pour les informations structurales confirme cette observation. Classiquement, la récupération de l'information est plus juste au niveau d'entrée qu'au niveau supra-ordonné (Honoré, 1999 et Expériences 5, 6 et 7 de cette thèse). Or, dans cette expérience, la vérification des informations structurales est insensible à la différence de niveau : les informations structurales sont traitées avec la même exactitude au niveau d'entrée qu'au niveau supra-ordonné, $F_1(1, 12) = 1.203$, $p > .05$, $F_2(1, 140) = 1.313$, $p > .05$. Cette disparition de l'effet du niveau est spécifique aux connaissances structurales : le traitement des informations fonctionnelles est en effet plus correct au niveau d'entrée qu'au niveau supra-ordonné pour les sujets, $F_1(1, 12) = 6.552$, $p < .05$, $F_2(1, 140) = 3.316$, $p = .07$. Cette facilité de traitement des informations structurales peut être liée à l'utilisation d'une stratégie basée sur l'imagerie mentale visuelle, cette stratégie serait particulièrement favorisée par la présentation partiellement imagée des stimuli. En effet, les attributs structuraux ayant plus de chance de faire partie d'une image mentale, il se peut que la récupération d'une information de cette nature soit facilitée par la présentation imagée du stimulus représentant l'être vivant. Dans cette expérience, les sujets réalisent peut-être la tâche en maintenant en mémoire, sous la forme d'une image mentale, le dessin qu'ils viennent de percevoir. Pour répondre à la question sur l'adéquation de l'attribut présenté ensuite, il suffit alors de compléter cette image mentale et de vérifier si le résultat obtenu est conforme à leurs connaissances en mémoire. Ce type de procédure, sans doute encouragée par la présentation imagée, favoriserait globalement tous les attributs structuraux, et par conséquent, annulerait l'effet du niveau pour ces attributs.

Cet effet différent de la nature de l'information selon le niveau confirme la pertinence de penser une organisation taxonomique des connaissances sémantiques pour les propriétés d'un même objet : ces connaissances seraient stockées différemment, peut-être à des niveaux différents, selon leur degré d'abstraction. L'effet différent de la nature de l'information selon le niveau de stockage suggère l'indépendance de ces niveaux et montre que la nature des propriétés (fonctionnelle ou structurale) peut être étudiée pour le domaine des êtres vivants. Rappelons que, dans les études habituelles, la nature de la propriété n'est jamais étudiée au sein d'un même domaine. Les connaissances fonctionnelles étant considérées comme représentatives du domaine des artefacts et les propriétés visuelles (plutôt que structurales) étant associées au domaine du vivant, la différence de nature des connaissances est étudiée indirectement par l'opposition entre le domaine des animaux et celui des artefacts.

Dans cette expérience, avec une méthode comportementale, nous montrons la pertinence de penser une organisation hiérarchique pour les attributs des objets, et non plus simplement pour les noms des objets.

Une collaboration entre notre Laboratoire EMC (Dr N. Bedoin, Pr O. Koenig), le Laboratoire de Psychologie Expérimentale de l'Université Pierre Mendès France de

Grenoble (Dr. M. Baciú) et l'Unité INSERM U438 de l'Université Joseph Fourier de Grenoble (Pr. C. Segebarth) dans le cadre d'un contrat financé par la région Rhône-Alpes (contrat ARASSH) dirigé par le Pr O. Koenig, nous a donné l'opportunité de dépasser ces observations comportementales en réalisant une expérience IRMf avec le matériel expérimental de l'Expérience 4. Cette expérience (Expérience 5³⁷) avait deux objectifs : (1) confirmer cette organisation hiérarchique pour les attributs des objets (2) identifier les réseaux neuronaux sous-tendant ces connaissances structurales et fonctionnelles aux deux niveaux de la hiérarchie, pour le domaine des êtres vivants.

II. Expérience 5 : IRMf

Comme nous l'avons exposé dans la partie théorique, il est classiquement admis que les traits fonctionnels sont spécifiquement représentatifs des artefacts alors que les traits visuels sont particulièrement centraux pour les animaux (Riddoch & Humphreys, 1987). Les effets de la nature fonctionnelle ou structurale sont alors toujours étudiés à travers l'opposition de ces deux domaines de connaissances. Nous faisons l'hypothèse qu'il est pourtant possible d'observer ces effets *au sein du même domaine* : celui des animaux. Selon la revue de la littérature effectuée par Devlin et al. (2002), l'activation de la zone frontale inférieure gauche est souvent rapportée dans des tâches impliquant des artefacts alors que l'activation du lobe temporal postérieur semble plus spécifique des tâches faisant intervenir des animaux. Si notre hypothèse se vérifie, nous devrions observer des activations majoritairement frontales pour les traits fonctionnels et des activations plus postérieures pour les traits structuraux. Grâce à la technique des comparaisons d'activations entre conditions expérimentales, il sera possible de mieux connaître les supports neuronaux qui sous-tendent la récupération de connaissances sur des attributs supra-ordonnés selon la nature fonctionnelle ou structurale des attributs. Dans la littérature, les rares travaux portant sur les attributs des objets ne prennent pas en compte ces différences de niveau (par exemple, Thompson-Schill, Aguirre, D'Esposito, & Farah, 1999). Nous faisons donc l'hypothèse que des réseaux neuronaux distincts sont impliqués dans la récupération de telles connaissances selon la nature de l'attribut.

Le principe des expériences réalisées avec cette technique consiste à comparer des activations cérébrales provoquées par une activité mentale pendant un certain temps (protocole de type "bloc") avec des activations issues d'une autre activité mentale pendant une durée similaire. Il est donc nécessaire que le sujet soit engagé dans le *même type d'activité* pour un grand nombre de stimuli successifs. Pour satisfaire à cette contrainte, seules les associations correctes de la précédente expérience ont été utilisées, les sujets ayant alors pour consigne de vérifier mentalement la véracité de chaque association par rapport à ces propres connaissances.

II.1. Méthode

³⁷ Les résultats de cette expérience ont été présentés au congrès ESCOP (Bedoin et al., 2000), et font l'objet d'un article prochainement soumis (Bedoin, Baciú, Honoré-Masson, Vernier, Koenig, & Segebarth, en préparation).

II.1.1. Sujets

13 sujets masculins ont réalisé cette expérience. Leur moyenne d'âge était de 24 ans (de 23 à 29 ans). Ils étaient tous volontaires, droitiers (latéralité évaluée avec le test d'Edinburgh (Oldfield, 1971)), de langue maternelle française et présentaient tous une vision correcte.

II.1.2. Stimuli

Les stimuli utilisés pour l'Expérience 5 correspondent aux 72 associations correctes utilisées dans l'Expérience 4.

II.1.3. Matériel

Les stimuli étaient présentés aux sujets à l'intérieur de l'IRM par l'intermédiaire d'un vidéo projecteur (Eiki LC 6000) et d'un système de miroirs reflétant l'image projetée sur un écran situé à l'arrière de l'aimant. Le sujet disposait d'un boîtier de réponse, relié à l'ordinateur par un réseau de fibres optiques. Pour atténuer le bruit produit par l'IRM, les sujets étaient munis de boules quies. Le logiciel PsyScope 1.2.1 PPC (Cohen et al., 1993) pilotait l'expérience à partir d'un ordinateur situé dans une autre pièce.

Acquisition des données — Un ordinateur (Power Macintosh 9600) enregistrait les temps de réponse des sujets et l'acquisition des données IRMf était effectuée avec un imageur clinique de 1.5 Tesla (Philips NT). Le volume cérébral dans lequel les activations ont été relevées était parallèle (et centré) au plan passant par les commissures cérébrales antérieures et postérieures. Ce volume d'intérêt était composé de 22 coupes axiales adjacentes de 6 millimètres d'épaisseur chacune. Des séquences échoplanar (Temps de répétition = 4700 ms, Temps d'écho = 45 ms) ont été utilisées pour mesurer en temps réel les variations locales d'oxygénation du sang ou signal BOLD (Blood Oxygen Level Dependent).

II.2. Procédure

Comme dans l'Expérience 4, les items étaient répartis en quatre conditions expérimentales : Entrée Structural, Supra-ordonné Structural, Entrée Fonctionnel et Supra-ordonné Fonctionnel. Pour satisfaire aux contraintes inhérentes à la technique utilisée, 8 blocs, contenant chacun 9 items relevant d'une même condition expérimentale se succédaient. Chaque bloc durait 51 secondes.

Pour chaque item, tous les événements apparaissaient au centre de l'écran. Chaque item était composé d'un point de fixation présenté pendant 1000 ms, remplacé immédiatement après par un masque visuel pendant 800 ms, puis par un dessin d'être vivant pendant 200 ms auquel succédait un autre masque visuel pendant 200 ms et enfin la propriété sous forme verbale pendant 2500 ms.

La Figure 18 présente la succession de ces blocs ainsi que la succession des événements dans un essai.

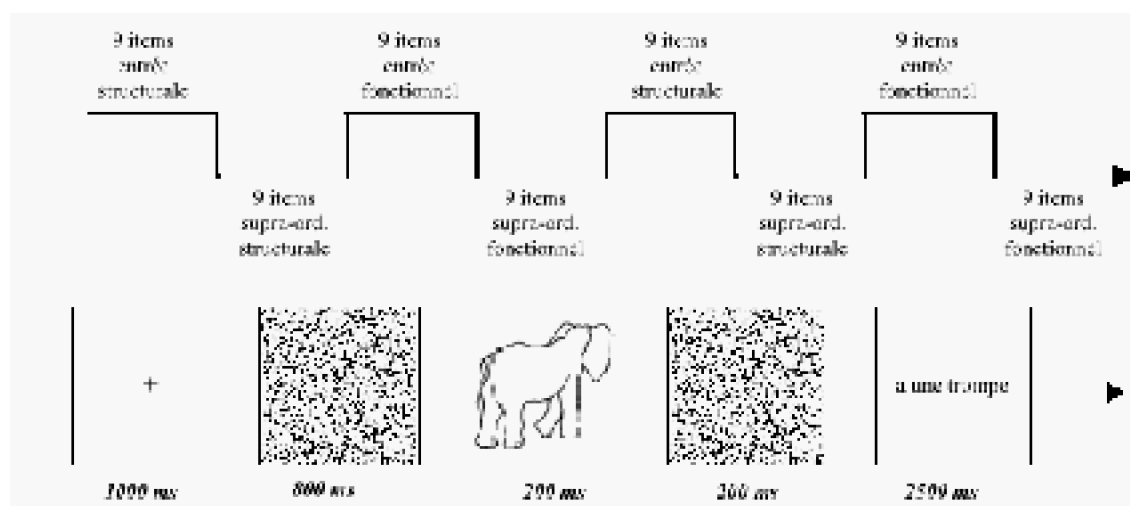


Figure 18 — Présentation de la succession des blocs et des événements pour un item. (Expérience 5).

Le sujet avait pour consigne de vérifier mentalement l'association entre le dessin et la propriété. Avant que l'expérience ne débute, le sujet était prévenu que toutes les associations étaient correctes, mais qu'il devait faire l'effort de s'assurer de la véracité de ces associations à partir de ses propres connaissances. Il devait appuyer sur la touche du boîtier de réponse dès que cette association lui était certaine.

Pour six sujets, l'ordre de présentation des blocs était celui présenté en Figure 18, pour les sept autres sujets, l'ordre était inversé. De plus, comme dans l'Expérience 4, deux listes (A et B) étaient proposées afin que chaque dessin soit associé à un attribut de niveau d'entrée dans une liste et à un attribut supra-ordonné dans l'autre. Chaque sujet ne réalisait l'épreuve que sur une de ces deux listes. Pour chaque item, les modifications de débit sanguin et les temps de vérification des propriétés étaient enregistrés. Aucun sujet n'a répondu en dehors du délai imparti.

II.3. Résultats et discussion

Deux types d'analyses ont été réalisées : la première portait sur les temps de vérification et la deuxième sur les activations cérébrales.

II.3.1. Analyses comportementales

Une analyse de variances à mesures répétées (Anova) a été conduite sur les temps de vérification des propriétés. Elle comportait deux facteurs intra-individuels : Niveau (entrée ou supra-ordonné) et Nature (fonctionnelle ou structurale).

Dans cette expérience, les sujets ont plus rapidement vérifié les informations relevant du niveau d'entrée ($M = 875$ ms) que celles vérifiables au niveau supra-ordonné ($M = 994$ ms), $F(1, 12) = 23.99$, $p < .01$. De plus, un effet de la nature est observable : les informations structurales ont été plus rapidement vérifiées que les informations fonctionnelles, $F(1, 12) = 7.43$, $p < .01$. L'interaction entre le Niveau et la Nature n'est pas significative $F(1, 12) = 0.54$, $p > .05$.

D'un point de vue méthodologique, la conformité de ces résultats avec ceux obtenus dans l'expérience précédente (en termes d'effet du niveau et de nature) permet de s'assurer que les sujets ont bien réalisé la tâche et ce, même s'ils savaient que toutes les associations proposées étaient correctes. De plus, ils sont en accord avec notre hypothèse d'une organisation hiérarchique pour les connaissances relatives aux attributs d'un même objet en mémoire.

II.3.2. Analyses des activations cérébrales

Les analyses des images IRMf ont été réalisées avec le logiciel SPM 96 (Wellcome Department of Cognitive Neurology, London, UK). Les volumes anatomiques ont été normalisés à partir des références de l'atlas de Talairach et Tournoux (1988), puis les contrastes entre les conditions ont été déterminés en utilisant un modèle linéaire général. Le seuil de significativité pour les pixels était fixé à $p = .001$. Les clusters de pixels activés ont été identifiés sur la base de l'intensité des réponses individuelles et de l'étendue des clusters. Au final, le seuil de significativité à $p = .05$ a été retenu pour identifier les clusters activés.

Pour répondre à notre question à propos de différences de traitement des attributs fonctionnels et structuraux aux deux niveaux, deux comparaisons essentielles ont été effectuées. Pour les attributs structuraux, nous comparons les activations au niveau d'entrée et au niveau supra-ordonné et pour les attributs fonctionnels, nous comparons les activations au niveau d'entrée et au niveau supra-ordonné. En annexes (page 29 et 30), un tableau complet fait état des coordonnées stéréotaxiques des aires spécifiquement activées à l'issue de ces comparaisons.

Attributs structuraux — Les activations spécifiques pour le traitement des items structuraux de niveaux supra-ordonné par rapport aux items structuraux de niveau d'entrée sont illustrées sur la Figure 19. Pour les items structuraux de niveau supra-ordonné, quatre régions principales sont activées : le gyrus supra-marginal gauche (BM40), le gyrus lingual gauche (BM19), le précuneus droit (BA7) et le cortex prémoteur gauche (BM6).

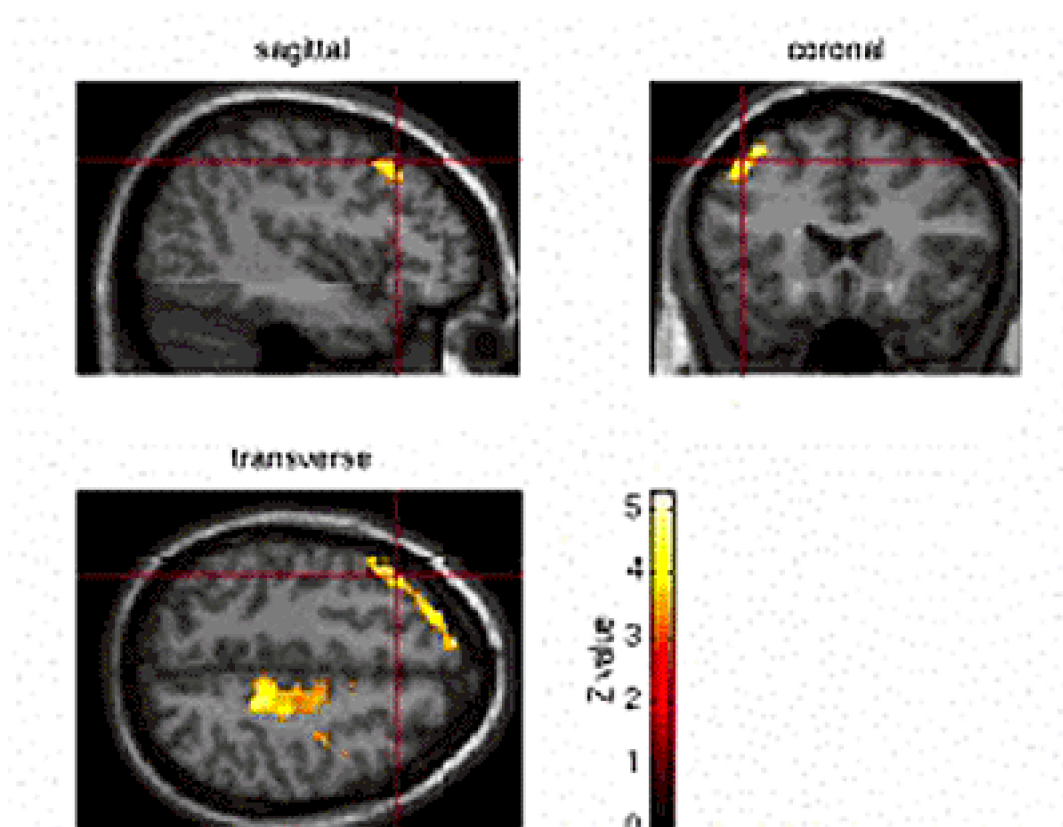


Figure 19 — Activations spécifiques relevées lors de la vérification des propriétés structurales de niveau supra-ordonné par rapport aux activations relevées lors du traitement des informations structurales de niveau d'entrée (Expérience 5).

Les items structuraux de niveau d'entrée, comparés aux items structuraux de niveau supra-ordonné, n'activent qu'une aire spécifique localisée dans le gyrus cingulaire antérieur (BA 24).

Attributs fonctionnels — Contrairement aux informations structurales de niveau supra-ordonnées qui activaient surtout des aires cérébrales localisées dans des régions postérieures de l'hémisphère gauche, les attributs fonctionnels de niveau supra-ordonné activent des aires plus antérieures et principalement localisées à droite. Le cortex prémoteur droit (BA6) et la partie droite du noyau caudé sont activés. De plus, une activation est relevée dans le cortex préfrontal dorso-latéral droit (DLPFC, BA10) et dans le gyrus cingulaire antérieur gauche, deux aires supposées cruciales dans les mécanismes attentionnels. Les activations spécifiques pour le traitement des items fonctionnels de niveau supra-ordonné par rapport aux items fonctionnels de niveau d'entrée sont illustrées sur la Figure 20.

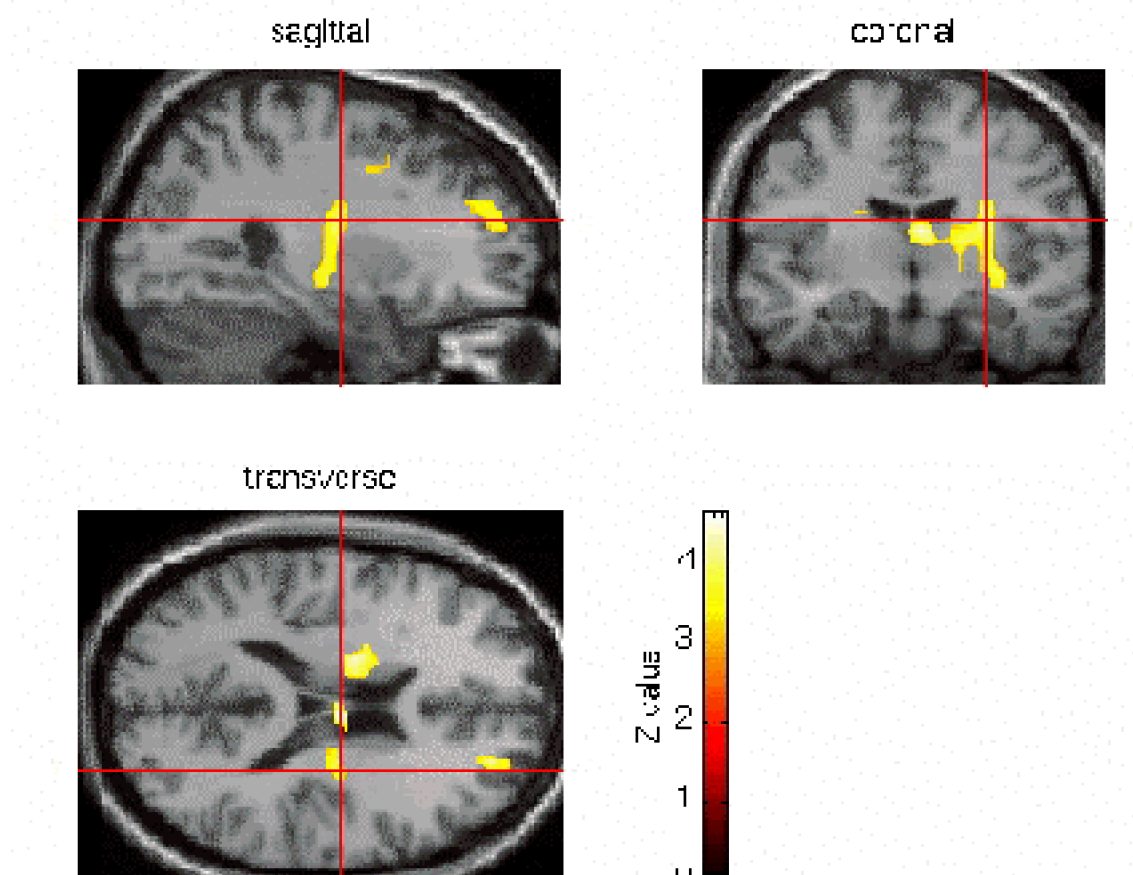


Figure 20 — Activations spécifiques relevées lors de la vérification des propriétés fonctionnelles de niveau supra-ordonné par rapport aux activations relevées lors du traitement des informations fonctionnelles de niveau d'entrée (Expérience 5).

Pour le traitement des attributs fonctionnels de niveau d'entrée, aucune région n'est significativement activée, par rapport au traitement des attributs fonctionnels de niveau supra-ordonné.

Concernant l'hypothèse de l'organisation taxonomique des attributs en mémoire, les résultats comportementaux montrent que le traitement d'une propriété au niveau supra-ordonné, plutôt qu'au niveau d'entrée, ralentit la vérification et les données en imagerie permettent d'ajouter que ce traitement d'une propriété au niveau supra-ordonné conduit à l'activation d'aires cérébrales supplémentaires. En effet, comme nous l'avons vu, très peu d'aires cérébrales sont spécifiquement activées lors des vérifications au niveau d'entrée par rapport au niveau supra-ordonné, alors que de nombreuses aires cérébrales sont spécifiquement associées à des vérifications au niveau supra-ordonné. Ceci suggère donc que les vérifications d'informations supra-ordonnées ne s'effectuent pas sur le même principe que celui mis en oeuvre pour les connaissances de niveau d'entrée. Pour le niveau supra-ordonné, un processus inférentiel de haut niveau à partir de la catégorie supra-ordonnée à laquelle l'objet appartient est peut-être utilisé.

De plus, en accord avec nos prédictions, les aires activées pour les vérifications au niveau supra-ordonné diffèrent selon la nature (fonctionnelle ou structurale) des

propriétés. Pour les informations structurales, les aires activées sont situées dans la partie postérieure du cerveau et majoritairement localisées à gauche alors que les aires activées pour les informations fonctionnelles sont plus antérieures et latéralisées majoritairement à droite.

La vérification des propriétés supra-ordonnées structurales est en partie sous-tendue par deux structures : le gyrus supra-marginal gauche (BM40) et le gyrus lingual gauche (BA 19). La première de ces structures est souvent décrite comme impliquée dans le stockage des connaissances sémantiques et semble jouer un rôle crucial au sein de la mémoire associative (Dehaene, 1995 ; Kosslyn, Alpert & Thompson, 1995). La deuxième structure (gyrus lingual gauche) intervient quant à elle dans la dénomination silencieuse (*inner speech*, Spitzer et al., 1998) et dans la récupération de connaissances sémantiques (Kosslyn, Alpert & Thompson, 1995). L'ensemble de ces activations suggère donc que des connaissances supplémentaires sont requises pour vérifier des connaissances contenues au niveau supra-ordonné plutôt qu'au niveau d'entrée.

L'activation du gyrus lingual gauche (BM19) est compatible avec l'idée que les régions postérieures sont particulièrement impliquées pour traiter les informations visuelles (Kosslyn et al., 1994 ; Thompson Schill et al., 1999). L'activation de cette aire a en effet été relevée dans une tâche d'identification de dessins d'animaux (Perani et al., 1999), un domaine pour lequel les traits visuels sont centraux. L'activation de cette structure suggère donc que la vérification des propriétés structurales de niveau supra-ordonné pourrait être basée sur un processus d'imagerie mentale visuel. Pour rappel, nous pensons que, suite à la présentation imagée de l'être vivant, le sujet pourrait garder temporairement en mémoire cette image mentale et, ensuite, tenter de la compléter par l'attribut structural sur lequel porte la vérification. En accord avec cette hypothèse nous relevons l'activation du précuneus droit (BA7) qui est classiquement associée à l'encodage des informations spatiales (Fletcher et al., 1995), un processus fondamental pour compléter une image mentale. De plus, la latéralisation à gauche des activations est compatible avec les travaux montrant que certains processus sous-tendant l'imagerie sont situés dans l'hémisphère gauche (D'Esposito et al., 1997 ; Farah, Peronnet, Weisberg & Monheit, 1989 ; Goldenberg et al., 1989 et pour une revue, voir Farah, 1995).

Des activations sont également relevées dans le cortex prémoteur gauche (BM 6). Bien que cette aire soit généralement associée à la représentation des actions, et spécialement des actions réalisées avec la main droite, des activations dans cette région ont été observées pour des stimuli statiques qui n'induisaient aucune sorte d'action (D'Esposito et al., 1997 ; Thompson-Schill et al., 1999).

La vérification de propriétés supra-ordonnées fonctionnelles produit des activations dans des aires cérébrales différentes de celles relevées pour les propriétés supra-ordonnées structurales, ce qui suggère l'existence de deux réseaux corticaux distincts codant les attributs d'un même objet selon leur nature.

La vérification des propriétés supra-ordonnées fonctionnelles active des aires cérébrales qui sont impliquées dans la recherche attentionnelle de connaissances

sémantiques en mémoire. En effet, le cortex préfrontal dorso-latéral droit (BA 10) et le gyrus cingulaire antérieur (BA 24) seraient les deux aires cérébrales sous-tendant le *système d'attention antérieur* décrit par Posner (Posner & Peterson, 1990). Ce système régit un processus attentionnel et le contrôle d'activités volontaires qui ne sont pas immédiatement induites par le stimulus (Duncan, 1995), comme cela est le cas dans notre expérience. L'activation associée de ces deux aires a été relevée dans de nombreuses tâches complexes telles que des tâches de génération de gestes aléatoires (Frith, Friston, Liddle & Frackowiak, 1991), des épreuves de génération de verbes à partir de noms (Petersen, Fox, Posner, Mintun & Raichle, 1988), des tâches de comparaison de formes visuelles complexes entre des stimuli successifs (Corbetta, Miezin, Dobmeyer, Shulman & Petersen, 1991) ou bien encore des tâches de rappel (Grasby et al., 1993)... La latéralisation à droite de l'activation du cortex préfrontal dorso-latéral peut s'expliquer par le fait que dans cette tâche, des attributs (plutôt que des noms) ont été vérifiés. Le traitement d'attributs pourrait en effet nécessiter la mise en oeuvre d'un procédé de nature sémantique plutôt que strictement lexical. Par ailleurs, il est vrai que l'activation du cortex préfrontal droit est généralement associée à une récupération de connaissances épisodiques (Nyberg, Cabeza & Tulving, 1996), son implication dans la récupération d'informations sémantiques a néanmoins été récemment relevée (Ranganath & Paller, 1999).

L'activation conjointe du cortex moteur droit, de la région droite du noyau caudé et du cortex préfrontal dorso-latéral droit forme un réseau qui a été décrit comme impliqué dans le traitement d'informations relatives à l'action (Passingham, 1997). De plus, chacune de ces régions, même considérée isolément, a déjà été signalée pour son implication dans des traitements relatifs au mouvement ou à l'action. Ainsi, l'activation du cortex prémoteur a été relevée dans des tâches d'observation et de dénomination d'outils (Grafton, Fadiga, Arbib & Rizzolatti, 1997 ; Chao & Martin, 2000) et les ganglions de la base (auxquels le noyau caudé appartient) sont reliés à la mémoire motrice et permettent d'initier et de contrôler le mouvement (Jenkins, Brooks, Nixon, Frackowiak & Passingham, 1994 ; Menon, Anagnoson, Glover & Pfefferbaum, 2000). Le cortex préfrontal dorso-latéral droit est quant à lui activé lorsqu'il s'agit d'accéder à des informations sémantiques relatives aux outils (Perani et al., 1999). En outre, étant donné que le noyau caudé reçoit des informations des aires associatives temporales, pariétales, préfrontales (Selemon & Goldman-Rakic, 1985) et des aires prémotrices (Selemon & Goldman-Rakic, 1985 ; Shook, Schlag-Rey & Schlag, 1991), il se pourrait que le cortex préfrontal exerce une influence sur le système moteur, via les ganglions de la base, permettant ainsi, au sein d'un réseau, une bonne convergence des informations relatives à l'action (Passingham, 1997).

Ce réseau est cependant classiquement relevé dans des tâches impliquant des outils, et l'originalité de nos données est d'observer son implication pour traiter des connaissances relatives aux *êtres vivants*. Cela suggère donc que, conformément à notre hypothèse, il est possible d'étudier au sein d'un même domaine de connaissance (celui des êtres vivants) les effets de la nature fonctionnelle ou structurale des informations, alors que cette différence est classiquement étudiée de façon indirecte à travers l'opposition entre les catégories Animal et Artefacts. Ainsi, ces données montrent que les

activations classiquement rapportées dans la littérature (voir partie II.2.1 de ce chapitre) traduisent la nature des traits impliqués plutôt que l'appartenance catégorielle des objets traités.

Un dernier point peut encore être discuté : celui de l'activation du cortex prémoteur située à *droite* dans notre expérience, alors qu'une activation de cette structure est classiquement rapportée à gauche pour le traitement des outils. Cette activation à gauche est généralement expliquée par l'implication des aires corticales dévolues au traitement des actions réalisées par la main droite. Or, dans notre expérience, il n'y a aucune raison pour que les attributs fonctionnels associés aux êtres vivants induisent une action manuelle. Aussi, l'activation du cortex prémoteur à droite n'est pas particulièrement surprenante.

En bref, les résultats de cette Expérience 5 confortent les résultats de l'Expérience 4 : ils apportent des arguments en faveur de notre hypothèse d'organisation hiérarchique des connaissances en mémoire. De plus, ils montrent que les effets de la nature fonctionnelle ou structurale peuvent être étudiés au sein du domaine des êtres vivants puisque des réseaux neuronaux différents sont impliqués dans le traitement des attributs fonctionnels et structuraux pour les êtres vivants au niveau supra-ordonné.

Concernant les informations supra-ordonnées structurales, les données comportementales de l'Expérience 4 soulignaient le traitement privilégié de ces informations. Ces dernières étaient en effet plus rapidement traitées que les informations fonctionnelles supra-ordonnées, au point de faire disparaître l'effet du niveau pour les informations structurales. Nous avons alors évoqué la mise en oeuvre d'une stratégie facilitatrice probablement basée sur l'imagerie mentale visuelle pour ces connaissances. Notre hypothèse se trouve confortée par les données provenant l'imagerie cérébrale (Expérience 5). Des activations d'aires classiquement associées à ce processus d'imagerie (activation latéralisée à gauche du gyrus lingual et du précuneus droit) sont effectivement relevées pour ces propriétés structurales supra-ordonnées.

Afin de confirmer notre hypothèse concernant la mise en oeuvre d'un tel processus d'imagerie pour ces informations, nous avons réalisé une nouvelle expérience (Expérience 6), correspondant à la version strictement verbale de l'Expérience 4.

III. Expérience 6 : Vérification de propriétés à partir d'un mot

Nous faisons l'hypothèse que cette présentation strictement verbale s'accompagnera de changements importants dans la configuration des résultats et particulièrement pour la vérification des informations structurales. Nous pensons en effet qu'une présentation strictement verbale engagera moins les participants vers une stratégie basée sur l'imagerie mentale qui, selon notre hypothèse, favorise particulièrement le traitement des attributs structuraux au point de ne plus faire émerger l'effet du niveau de pertinence dans une hiérarchie taxonomique pour ces attributs. Nous attendons donc ici une apparition de l'effet du niveau pour les informations structurales et une disparition de l'avantage global pour les attributs structuraux.

Cette Expérience 6 nous donnera également la possibilité de tester à nouveau nos

hypothèses quant à l'organisation taxonomique des attributs d'un même objet et d'étudier les effets de la nature de la propriété sur chacun de ces niveaux.

III.1. Méthode

III.1.1. Sujets

Cette expérience a été menée auprès de 13 sujets adultes jeunes (6 hommes et 7 femmes, M âge = 23.5 ans ; MSD = 3.3 ans). Ces sujets ont été soumis à deux tests de fluence verbale (2 minutes sur la lettre "p" et 2 minutes sur la catégorie "animal") afin de déceler d'éventuels troubles de la mémoire sémantique. Le nombre de mots produit pour la fluence formelle (M = 26.6 mots et MSD = 7.3 mots) et pour la fluence catégorielle (M = 31.2 mots et MSD = 6.9 mots) est conforme aux normes établies par Cardebat et al. (1990).

Les sujets étaient tous volontaires, étudiants en psychologie à l'Université Lyon 2. Les passations se sont déroulées dans une salle d'expérimentation insonorisée du Laboratoire EMC.

III.1.2. Stimuli

Cette expérience est basée sur le même paradigme que l'Expérience 4. Elle utilise le même matériel expérimental : 72 associations négatives et 72 associations positives réparties selon leur niveau de vérification (entrée ou supra-ordonné) et leur nature (fonctionnelle ou structurale). La seule différence entre ces deux expériences réside dans le fait que les dessins représentant les êtres vivants ont été remplacés par le nom qui les désigne au niveau d'entrée.

Ainsi, dans cette Expérience 6, les sujets devaient juger de la véracité de l'association entre un mot et une propriété présentée sous forme verbale (et non plus entre un dessin et une propriété).

III.1.3. Matériel

L'Expérience 6 a été réalisée avec le même matériel que celui utilisé pour l'Expérience 4 et les conditions de passations étaient en tout point identiques.

III.2. Procédure

La Figure 21 présente le déroulement d'un essai "type". Au centre de l'écran apparaissaient successivement un point de fixation pendant 1000 ms, puis un nom d'être vivant pendant 600 ms et enfin une propriété. Comme dans l'expérience précédente, cette propriété restait affichée à l'écran jusqu'à ce que le sujet donne sa réponse grâce à deux touches du clavier.

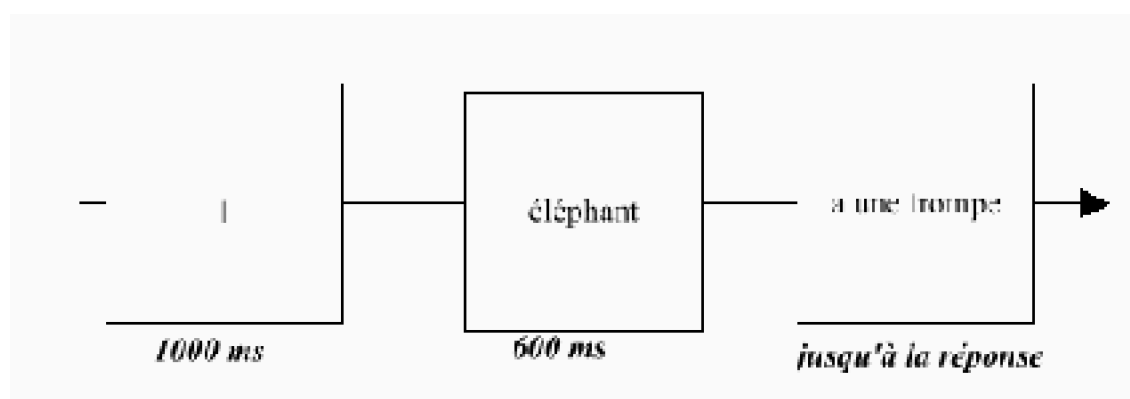


Figure 21 — Succession des événements pour l'Expérience 6 : les dessins ont été remplacés par les noms correspondants.

Dans un premier temps, nous avons proposé un temps de présentation du nom identique à celui des dessins dans l'Expérience 4, soit 1200 ms. Les premières passations effectuées dans ces conditions ont montré qu'une telle durée donnait au sujet la possibilité de parler entre la lecture du mot et l'apparition de la propriété, même en cas de consigne stricte de silence, et donc d'activer un ensemble de connaissances supplémentaires susceptibles d'influencer sa décision. Aussi, nous avons décidé de réduire ce temps de présentation de moitié. Cette durée de 600 ms permet donc d'éviter ce phénomène et correspond au temps minimal nécessaire de lecture pour les personnes âgées auxquelles nous avons proposé ensuite cette expérience (voir le Chapitre 3). Toutefois, cette modification n'empêche pas la comparaison directe des résultats obtenus entre les Expériences 4 et 6, car la mesure des temps de réponses des sujets est prise en compte par l'ordinateur au moment de l'apparition de la propriété.

Les temps de réponse (en ms) et les taux d'erreurs étaient enregistrés par l'ordinateur.

III.3. Résultats et discussion

Deux analyses de variance à mesures répétées (Anova) ont été réalisées sur les temps de réponse des items expérimentaux (les erreurs ayant été exclues au préalable) et sur les taux d'erreurs³⁸. Ces analyses comportaient les mêmes facteurs intra-individuels que dans l'expérience précédente : Niveau (entrée ou supra-ordonné) et Nature (fonctionnelle ou structurale). Ces analyses ont été effectuées pour les sujets (F1) et pour les items (F2).

Tout comme dans l'Expérience 4, il semble que les sujets jeunes se soient imposés une contrainte temporelle pour répondre. En effet, les temps de réponses ($M = 1327$ ms, $MSD = 354$ ms) s'accompagnent d'un taux d'erreurs non négligeable (10.7 %). Pour cette expérience, et comme pour l'Expérience 4, les performances obtenues par les sujets dans les tests de fluence sont pourtant compatibles avec les normes observées dans cette population et le pourcentage de temps déviants (temps de réponse supérieurs au temps moyen plus 2 écarts types) donnant lieu à une réponse erronée reste faible (2.14 %).

³⁸ Les tableaux généraux des analyses Anova réalisées pour l'Expérience 6 sont consultables en Annexes (pages 31 et 32).

Aussi ce taux d'erreurs semble être le reflet d'un compromis entre rapidité et exactitude (avec une préférence accordée à la rapidité) plutôt que la manifestation d'un réel déficit des connaissances sémantiques.

L'analyse des résultats confirme **l'effet du Niveau**, celui-ci est significatif pour les temps de réponse, $F_1(1, 12) = 9.744, p < .01$, $F_2(1, 140) = 9.934, p < .01$, et pour les taux d'erreurs, $F_1(1, 12) = 17.007, p < .01$, $F_2(1, 140) = 17.705, p < .01$. Les sujets répondent mieux et plus rapidement aux informations vérifiables au niveau d'entrée qu'à celles qui le sont au niveau supra-ordonné. Ainsi, l'organisation hiérarchique des attributs d'un même objet se confirme : tout comme pour les noms des objets, les connaissances relatives aux propriétés qui les définissent s'organiseraient selon différents niveaux d'abstraction.

Lorsque l'on s'intéresse à **la Nature de l'information**, nous constatons que cette variable n'a pas d'effet global, que se soit sur les temps de réponse $F_1(1, 12) = 2.329, p > .05$, $F_2(1, 140) = 2.372, p > .05$ ou sur les taux d'erreurs $F_1(1, 12) = 1.215, p > .05$, $F_2(1, 140) = 2.633, p > .05$. Dans cette expérience, les informations structurales ne sont donc traitées ni plus vite, ni plus correctement que les connaissances fonctionnelles, ce qui n'était pas le cas dans la version imagée (Expérience 4) où un avantage global pour les attributs structuraux était observé. Ceci conforte l'interprétation que nous avons proposée pour expliquer l'effet de la nature de l'information sur les deux niveaux de stockage dans l'Expérience 4 : lorsque le mode de présentation des stimuli est strictement verbal, une stratégie basée sur l'image mentale est moins induite chez les sujets et, par conséquent, le traitement des informations structurales n'est plus globalement favorisé.

Les deux variables Niveau et Nature interagissent pour les temps de réponse, $F_1(1, 12) = 4.521, p < .05$, $F_2(1, 140) = 4.885, p < .05$. Pour les taux d'erreurs, on note une tendance pour les sujets ($F_1(1, 12) = 4.923, p = .06$, $F_2(1, 140) = 2.74, p > .05$) pour cette interaction. Ces deux interactions, présentées sur la Figure 22, permettent de préciser que la nature des connaissances sémantiques relatives aux attributs des objets affecte quand même les performances mais de façon différente selon les deux niveaux de stockage.

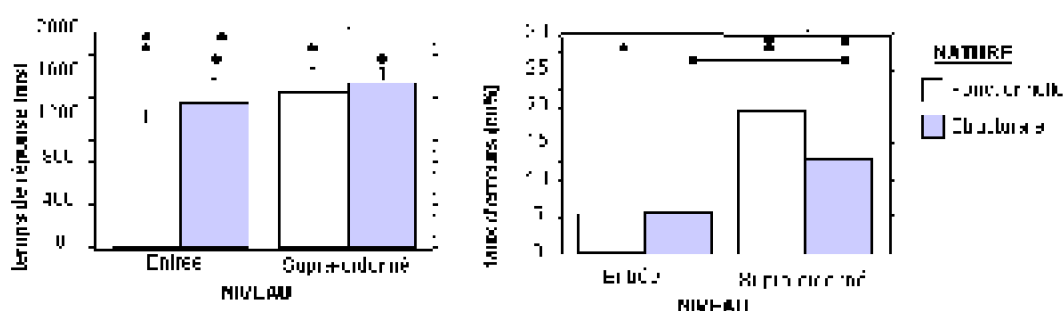


Figure 22 — Interaction Niveau*Nature pour l'Expérience 6 pour les temps de réponse (à gauche) et pour les taux d'erreurs (à droite) illustrant une sensibilité différente à la nature de l'information pour les deux niveaux de stockage. Les liens en trait plein entre deux conditions indiquent une comparaison de moyennes significative à $p < .05$.

L'étude des contrastes issus de ces interactions sera présentée et discutée de deux façons, afin de nous permettre de mieux comprendre (1) l'effet du niveau selon la nature

et (2) l'effet de la nature selon le niveau.

Conformément à notre hypothèse, la version verbale qui incite sans doute beaucoup moins à l'utilisation d'une stratégie basée sur l'imagerie mentale visuelle, permet d'observer des effets beaucoup plus massifs du niveau sur les attributs structuraux. Pour ces attributs, l'avantage du niveau d'entrée sur le niveau supra-ordonné pour les temps de réponse est encore plus marqué que dans la version imagée (différence entre la condition Entrée Structural et Supra-ordonné Structural : 66 ms dans la version imagée et 510 ms dans la version mot) et surtout, un avantage significatif est observé pour le niveau d'entrée sur les taux d'erreurs $F_1(1, 12) = 9.473$, $p < .01$, $F_2(1, 140) = 3.645$, $p < .05$. Rappelons que ce dernier fait n'était pas observable dans l'Expérience 4 (version imagée). La modification de l'effet du niveau sur les attributs structuraux selon que la présentation des stimuli est imagée ou verbale est d'autant plus remarquable que le passage entre ces deux versions ne s'accompagne pas de modifications des effets de niveau pour les attributs fonctionnels. Ces derniers sont en effet toujours mieux et plus rapidement traités au niveau d'entrée qu'au niveau supra-ordonné.

Ainsi, les analyses de l'effet du niveau selon la nature montrent que la version imagée (Expérience 4) favorisait globalement le traitement des attributs structuraux et cela au point de gommer l'effet de niveau pour ces attributs. Dans la version strictement verbale (Expérience 6), les attributs structuraux ne sont plus aussi globalement favorisés et leur facilité de récupération en mémoire redevient sensible à leur niveau de pertinence dans la hiérarchie.

Par ailleurs, les analyses des contrastes issus de ces interactions confirment un effet différent de la nature de l'information selon le niveau de stockage de l'information. *Pour le niveau supra-ordonné*, les sujets vérifient de façon plus correcte les informations structurales que les informations fonctionnelles, $F_1(1, 12) = 7.377$, $p < .05$, $F_2(1, 140) = 4.901$, $p < .05$, comme cela était déjà le cas dans la version imagée (Expérience 4). *Pour le niveau d'entrée*, ils répondent plus rapidement aux informations fonctionnelles qu'aux informations structurales, $F_1(1, 12) = 5.937$, $p < .05$, $F_2(1, 140) = 7.033$, $p < .01$. Lorsqu'il s'agit d'êtres vivants, les informations structurales sont donc les connaissances les plus facilement récupérables au niveau supra-ordonné alors les informations fonctionnelles semblent privilégiées au niveau d'entrée.

Ce résultat conforte donc l'interprétation que nous avons avancée à l'issue de l'Expérience 4 : les effets de la nature (fonctionnelle ou structurale) sont différents pour chacun des niveaux de stockage de l'information sémantique, ce qui suggère une relative indépendance de ces différents niveaux.

Etant donné que les Expériences 4 et 6 sont en tous points identiques (seul le mode de présentation des stimuli diffère entre les deux expériences) et que le nombre de sujets est le même dans les deux études, nous avons procédé à une méta-analyse consistant à comparer les performances obtenues par les deux groupes de sujet dans la version imagée (Expérience 4) et dans cette version verbale (Expérience 6). Ces comparaisons n'ont pas été effectuées à partir des contrastes issus des interactions de facteurs dans une analyse de variances générale, car de tels contrastes issus d'interactions entre une variable intra-individuelle et une variable inter-individuelle ne sont pas autorisés. Nous les

avons donc réalisées avec le test t sur séries dépendantes non appariées³⁹. Elles apportent des arguments supplémentaires en faveur de nos hypothèses et confirment que la présentation du matériel sous une forme strictement verbale et non plus en partie imagée s'accompagne de changements importants dans la configuration des résultats, à la fois pour les temps de réponse et pour les taux d'erreurs.

Concernant les temps de réponse, ceux-ci sont statistiquement plus rapides dans l'Expérience 4 (version dessin) que dans l'Expérience 6 (version mot) (différence 311.5 ms, $t = 5.053$, $p < .01$). Ce résultat est conforme aux données de la littérature qui montrent que, dans les tâches de catégorisation sémantique, la présentation imagée des stimuli favorise les réponses des sujets (Potter & Faulkonner, 1975 ; Riddoch & Humphreys, 1987 ; McCarthy & Warrington, 1988 ; Farah et al., 1989 ; Farah & McClelland, 1991 ; Sheridan & Humphreys, 1993). La Figure 23 présentant les résultats obtenus par les deux groupes dans ces deux expériences pour chacune des conditions expérimentales, permet d'observer le caractère particulièrement massif de cet effet : il se vérifie pour chacune des conditions expérimentales : pour Entrée Fonctionnel : $t = 2.045$, $p = .05$; pour Entrée Structural : $t = 3.008$, $p < .01$; pour Supra-ordonné Fonctionnel : $t = 2.322$, $p < .05$ et pour pour Supra-ordonné Structural : $t = 2.793$, $p < .01$.

La présentation verbale, plutôt qu'imagée, n'a statistiquement aucun effet global sur les taux d'erreurs (peut-être en raison de la trop grande ampleur des écarts-types). Mais l'analyse plus fine des contrastes pour chacune des conditions nous apprend tout de même que la version verbale (Expérience 6) conduit les sujets à faire plus d'erreurs que la version imagée (Expérience 4) pour les informations supra-ordonnées fonctionnelles, $t = 2.322$, $p < .01$ et structurales, $t = 2.793$, $p < .01$. On peut noter que cet effet n'est pas observable pour les informations de niveau d'entrée. La présentation verbale plutôt qu'imagée ne conduit pas à une augmentation des taux d'erreurs pour ces informations, l'allure du graphique suggère même une tendance inverse.

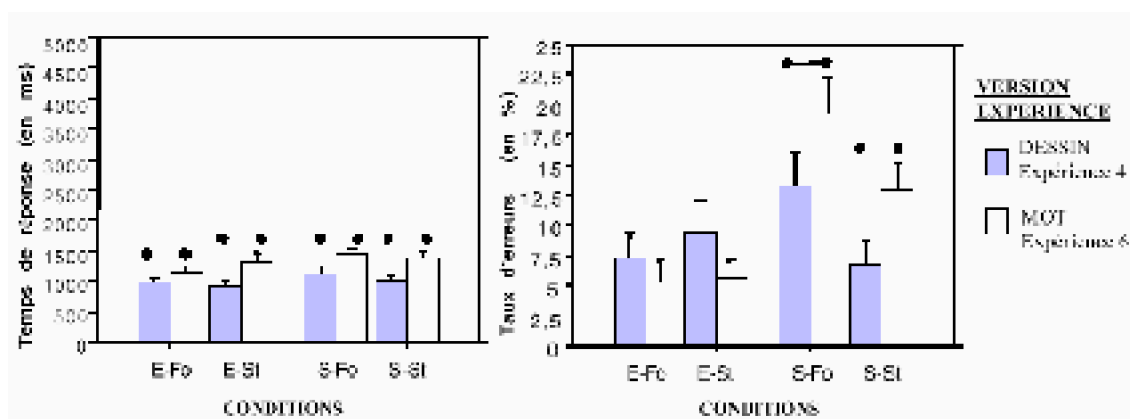


Figure 23 — Comparaison entre les performances obtenues par les sujets jeunes lors de la passation de l'Expérience 4 (version dessin) et de l'Expérience 6 (version mot). E = Entrée, S = Supra-ordonné, Fo = Fonctionnel, St = Structural. Les liens entre deux conditions indiquent une comparaison de moyennes significative à $p < .05$.

³⁹ Réaliser de telles comparaisons issues de ce type d'interaction n'est classiquement pas permis (bien que parfois rencontré dans la littérature). Toutefois, étant donné qu'elles sont directement liées à nos hypothèses, nous les avons tout de même calculées.

Ainsi, pour les jeunes adultes, le mode d'accès (verbal ou imagé) à l'information sémantique aurait un effet sur la récupération des connaissances à propos des attributs de l'objet reconnu grâce à cet accès : à partir d'une présentation verbale de l'objet en question, les connaissances sur les attributs seraient récupérées plus lentement, et ceci quel que soit le niveau de vérification ou la nature de ces attributs. Cet effet est encore plus accentué pour les informations supra-ordonnées car ces connaissances sur les attributs sont également récupérées avec plus d'erreurs. La présentation imagée du dessin d'un être vivant facilite donc l'accès aux connaissances sur les propriétés de cet être vivant par rapport à une présentation de son nom, et cet effet est encore plus net pour les attributs de niveau supra-ordonné. Par contre, pour les attributs de niveau d'entrée, la présentation imagée favorise moins nettement le traitement puisque l'accélération des réponses ne s'accompagne pas d'une baisse des taux d'erreurs. Encore une fois, nous recueillons ici un argument favorable à une différence et même à une certaine indépendance entre les niveaux de la hiérarchie taxonomique pour lesquels les attributs sont pertinents.

Concernant notre hypothèse sur l'utilisation d'une stratégie basée sur l'imagerie mentale par les sujets pour le traitement des informations structurales dans l'Expérience 4 (version imagée), deux résultats permettent de valider notre hypothèse : l'effet différent de la nature selon ces deux versions et l'effet différent du niveau sur les informations structurales selon ces deux versions.

Nous avons vu que la version strictement verbale de l'épreuve (Expérience 6) semble limiter les stratégies d'imagerie mentale visuelle, ce qui se traduit par une disparition de l'amélioration des performances pour les attributs structuraux et par une augmentation de la sensibilité des attributs structuraux aux effets de niveau. Une présentation strictement verbale des stimuli semble donc plus adaptée si l'on souhaite étudier l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire (Honoré-Masson, 2002), sans que soit mises en oeuvre des stratégies d'imagerie.

Considérés dans leur ensemble, les résultats des Expériences 4, 5 et 6 confirment l'existence d'une organisation hiérarchique ou taxonomique des attributs d'un même objet en mémoire : les informations vérifiables au niveau d'entrée (c'est-à-dire vraies pour un être vivant particulier) sont traitées différemment des informations récupérables au niveau supra-ordonné (c'est-à-dire vraies pour l'ensemble de la catégorie plus large à laquelle il appartient). Cette organisation hiérarchique influencerait la rapidité et l'exactitude de l'accès aux informations.

Ces travaux mettent également en évidence une sensibilité différente de chacun des niveaux à la nature des attributs : les informations structurales sont privilégiées au niveau supra-ordonné alors que les informations fonctionnelles le sont au niveau d'entrée. L'indépendance des niveaux est également visible à travers l'effet du mode de présentation, verbal ou imagé, de l'information permettant d'identifier l'objet : la présentation imagée est encore plus facilitatrice pour le niveau supra-ordonné que pour le niveau d'entrée. Ces résultats suggèrent donc l'idée d'une indépendance des connaissances contenues à ces différents niveaux d'abstraction.

Afin de vérifier cette hypothèse d'indépendance, nous proposons une nouvelle

expérience (Expérience 7) basée sur le paradigme d'amorçage de répétition.

IV. Expérience 7 : Amorçage de répétition

Dans cette expérience, l'amorçage de répétition est mesuré dans une tâche de jugement sémantique utilisant deux séries successives d'associations entre un nom et un attribut. Cette expérience se déroule donc en 2 phases, séparées par une tâche distractive de 2 minutes. La tâche à réaliser par le sujet est identique dans les deux phases : le sujet doit juger de l'adéquation entre un nom d'être vivant et une propriété qui lui est associée. Tout comme dans les expériences précédentes, ces propriétés sont soit vérifiables au niveau d'entrée, soit au niveau supra-ordonné et elles peuvent être fonctionnelles ou structurales. Des associations incorrectes sont également présentées afin de rendre possible la tâche de jugement.

Au cours de la deuxième phase, les stimuli demandant une réponse positive sont répartis en trois conditions principales : certains items sont totalement nouveaux (condition BASE), d'autres reprennent ceux étudiés dans la première phase (condition MEME ou amorçage de répétition) et enfin, certains noms déjà utilisés dans la première phase sont représentés dans la deuxième phase mais ils sont alors associés à une propriété de niveau différent de celui de la phase 1 (condition DIFFERENT). Ainsi, la condition DIFFERENT donne lieu à deux sous-conditions. Dans un cas, des informations récupérables au niveau d'entrée en phase 1 sont ensuite récupérables au niveau supra-ordonné dans la phase 2 pour un même mot (sous condition E-S) et dans l'autre, au cours de la phase 1 le sujet traite une information de niveau supra-ordonné puis traite dans la phase 2, pour ce même objet, une information de niveau d'entrée (sous condition S-E). Ce plan d'expérience peut être rapproché de celui proposé par Thompson-Schill et Gabrieli (1999) qui testaient ainsi l'indépendance des lieux de stockage des propriétés visuelles et fonctionnelles⁴⁰.

Pour cette expérience, nous prédisons un effet d'amorçage facilitateur pour la condition où les items sont répétés (condition MEME) par rapport à la condition BASE. Nous faisons l'hypothèse que les items déjà traités dans la première phase seront plus rapidement et plus correctement jugés lors de leur deuxième présentation par rapport aux items présentés pour la première fois. La comparaison entre la condition DIFFERENT et BASE, nous permettra de constater si un effet d'amorçage semblable se produit lorsque seul le nom de l'objet est répété dans la deuxième phase (condition DIFFERENT). Nous prédisons que ce dernier effet sera moindre. De même, nous pensons pouvoir observer une augmentation des temps de réponse et des taux erreurs pour la condition DIFFERENT par rapport à la condition MEME.

Concernant la condition DIFFERENT, nous posons l'hypothèse que le passage d'un niveau à l'autre entre les deux phases de l'expérience ne se fait pas avec la même facilité dans le sens E-S que dans le sens S-E. Ce résultat apporterait un argument supplémentaire quant à l'indépendance des deux niveaux de stockage des attributs.

⁴⁰ nous présentons plus en détail les expériences réalisés dans cette étude et les résultats obtenus dans la partie V.2.3

Enfin, tout comme dans les expériences précédentes, nous pensons observer des effets différents de la Nature des propriétés (structurale versus fonctionnelle) sur chacun des niveaux de stockage de l'information.

IV.1. Méthode

IV.1.1. Sujet

Cette Expérience a été proposée à 36 étudiants en psychologie (18 hommes et 18 femmes) à l'Université Lyon 2, de langue maternelle française et avec une vue normale ou corrigée. Les sujets étaient tous volontaires. Leur moyenne d'âge était de 25.45 ans (MSD = 5.72 ans).

IV.1.2. Stimuli

Les items utilisés dans cette expérience sont ceux utilisés pour l'Expérience 6 (version verbale)⁴¹.

Dans la première phase, le sujet avait 84 jugements à effectuer : 48 réponses positives et 36 réponses négatives étaient attendues. Afin de ne pas rendre l'expérience trop longue, nous avons décidé de présenter moins d'items distracteurs que d'items expérimentaux, les items à réponses négatives étant distribués dans la liste uniquement pour rendre réalisable la tâche de jugement. Parmi les stimuli expérimentaux de la phase 1, 6 mini-blocs ont été constitués, chacun contenant 6 associations incorrectes et 2 représentants de chacun des 4 types de couples suivant : Entrée Structural, Entrée Fonctionnel, Supra-ordonné Structural et Supra-ordonné Fonctionnel, soit 8 associations correctes.

Dans la deuxième phase, 96 associations étaient proposées : 72 positives et 24 négatives. Tout comme dans la phase 1, 6 mini-blocs ont été constitués, chacun contenant 4 associations incorrectes et 3 représentants de chacun des 4 types de couples (Entrée Structural, Entrée Fonctionnel, Supra-ordonné Structural et Supra-ordonné Fonctionnel), soit 12 associations correctes. Dans cette deuxième phase, les items expérimentaux étaient répartis entre 3 conditions : BASE, MEME et DIFFERENT.

Le Tableau 6 reprend la répartition des items dans un mini-bloc dans la première et dans la deuxième phase.

Tableau 6 — Composition d'un mini-bloc dans les phases 1 et 2. Expérience 7.

⁴¹ L'ensemble des items utilisés dans l'Expérience 7 est consultable en Annexes, de la page 35 à 39.

		PHASE DE L'EXPERIENCE		
CONDITIONS		PHASE 1		PHASE 2
MEME		Entrée Structural Supra-ordonné Structural Supra-ordonné Fonctionnel	Entrée Fonctionnel	Entrée Structural Entrée Fonctionnel Supra-ordonné Structural Supra-ordonné Fonctionnel
DIFFERENT		Entrée Structural Supra-ordonné Structural Supra-ordonné Fonctionnel	Entrée Fonctionnel	Supra-ordonné Structural Supra-ordonné Fonctionnel Entrée Structural Entrée Fonctionnel
BASE				Entrée Structural Entrée Fonctionnel Supra-ordonné Structural Supra-ordonné Fonctionnel
Associations incorrectes		6 items		4 items

Afin que chaque nom soit testé une fois dans chacune des conditions possibles, six listes différentes ont été établies. Par exemple, le nom "coccinelle" était associé à un attribut de niveau d'entrée ("est rouge est noire") dans les conditions MEME, DIFFERENT et BASE respectivement dans les listes A, B et C et ce nom était également associé à un attribut de niveau supra-ordonné ("a six pattes") dans les conditions MEME, DIFFERENT et BASE respectivement dans les listes D, E et F. Chacune de ces 6 listes a été présentée dans 6 ordres différents selon le principe des carrés latins afin de contrebalancer les effets d'ordre.

IV.1.3. Matériel

L'expérience a été construite grâce au logiciel PsyScope 1.2.1 PPC (Cohen et al., 1993). Les stimuli apparaissaient sur l'écran d'un ordinateur de type Power Macintosh 7300/200. Les sujets ont été testés individuellement dans une salle insonorisée du Laboratoire EMC de l'Université Lyon 2.

IV.2. Procédure

L'Expérience 7 était informatisée. Le sujet était placé devant un écran sur lequel apparaissait successivement un point de fixation pendant 1000 ms, un ensemble de XXX (500 ms), puis le nom d'un être vivant pendant 200 ms, puis un nouveau masque pendant (500 ms) et enfin une propriété qui restait à l'écran jusqu'à ce que le sujet ait donné sa réponse. Tous ces événements apparaissaient au centre de l'écran. La tâche du sujet consistait à juger l'adéquation entre le nom et la propriété. Il était invité à donner sa réponse le plus rapidement et le plus exactement possible grâce à deux touches du clavier (oui / non) indiquées par des pastilles de couleur.

Après une première phase, le sujet réalisait une tâche distractive consistant en une dictée de signes pendant deux minutes. Ensuite, la deuxième phase débutait et se déroulait selon la même procédure que dans la première phase.

La Figure 24 reprend le déroulement de cette expérience et la succession des événements pour les deux phases.

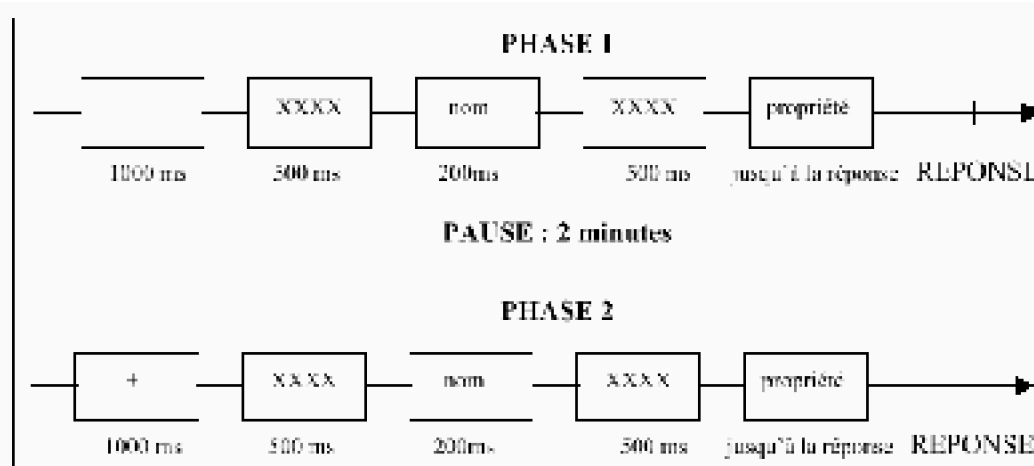


Figure 24 — Composition des essais dans les phases 1 et 2 pour l'Expérience 7.

IV.3. Résultats et discussion

Nous avons réalisé des analyses de variance⁴² à mesures répétées (Anova) pour les bonnes réponses, sur le nombre d'erreurs et sur les temps de réponse obtenus dans la deuxième phase. Ces analyses comportent trois facteurs intra-individuels : Condition (MEME, DIFFERENT et BASE), Niveau de la cible (niveau de récupération de l'attribut en phase 2 : Entrée ou Supra-ordonné) et Nature (l'attribut est fonctionnel ou structural). Ces analyses ont été effectuées pour les sujets (F1) et pour les items (F2).

La variable Niveau a un effet significatif. Les informations récupérables au niveau d'entrée sont plus rapidement vérifiées que celles qui le sont à partir du niveau supra-ordonné, $F_1(1, 35) = 26.283$, $p < .01$, $F_2(1, 420) = 27.971$, $p < .01$. Ces informations de niveau d'entrée sont également vérifiées avec plus d'exactitude que celles du niveau supra-ordonné ($F_1(1, 35) = 38.077$, $p < .01$, $F_2(1, 420) = 25.632$, $p < .01$). Ces premiers résultats, conformes à ceux obtenus dans les expériences précédentes, confortent l'idée

⁴² Les tableaux généraux des analyses Anova sont consultables en page 33 et 34.

d'un stockage hiérarchique des connaissances sémantiques en mémoire pour les attributs d'un même objet. Ces connaissances seraient stockées à deux niveaux distincts, selon leur degré de généralisation : le niveau d'entrée et le niveau supra-ordonné.

Concernant l'effet de la **Nature de l'information**, les informations structurales sont mieux jugées que les informations fonctionnelles pour les sujets $F_1(1, 35) = 4.375, p < .05$. Les informations structurales sont également plus vite vérifiées $F_1(1, 35) = 10.077, p < .01, F_2(1, 420) = 8.848, p < .01$.

Cet effet de la Nature interagit avec le Niveau de la cible pour les taux d'erreurs $F_1(1, 35) = 27.235, p < .01, F_2(1, 420) = 8.37, p < .01$, et pour les temps de réponse pour les sujets $F_1(1, 35) = 4.545, p < .05$. L'analyse des contrastes met en évidence que les sujets produisent moins d'erreurs pour les informations structurales que fonctionnelles au niveau supra-ordonné, $F_1(1, 35) = 31.302, p < .01, F_2(1, 420) = 9.416, p < .01$. Ils mettent également significativement moins de temps pour vérifier les informations structurales plutôt que fonctionnelles à ce niveau, $F_1(1, 35) = 17.536, p < .01, F_2(1, 420) = 9.801, p < .01$. On peut noter une tendance inverse de l'effet de la nature de l'information pour le niveau d'entrée : le nombre d'erreurs tend en effet à être plus important pour les propriétés structurales que pour les propriétés fonctionnelles au niveau d'entrée, $F_1(1, 23) = 3.188, p = .08$). Rappelons que ce traitement privilégié des informations structurales au niveau supra-ordonné ainsi que le privilège du traitement des informations fonctionnelles au niveau d'entrée avait déjà été relevé dans les expériences précédentes avec une méthode légèrement différente. Il semble donc que les deux niveaux de récupération, dont nous avons mis en évidence l'existence pour les attributs des objets, ne soient pas identiquement sensibles à la nature du contenu sémantique de l'information. Cette différence constitue un argument supplémentaire en faveur de l'indépendance des niveaux de stockage des attributs selon leur pertinence dans la hiérarchie.

La variable Condition a un effet global sur les erreurs $F_1(2, 70) = 11.30, p < .01, F_2(1, 420) = 5.028, p < .01$, et sur les temps de réponse $F_1(2, 70) = 1.01, p < .01, F_2(1, 420) = 53.431, p < .01$. La Figure 25 présente ces effets.

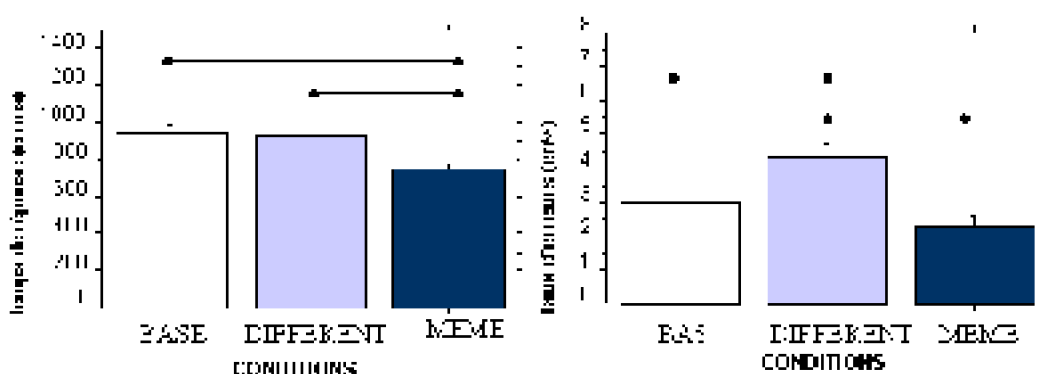


Figure 25 — Effet de la variable Condition pour l'Expérience 7 pour les temps de réponse (à gauche) et pour les taux d'erreurs (à droite). Les liens entre deux conditions indiquent une comparaison de moyennes significative à $p < .05$.

La comparaison entre la condition MEME et la condition DIFFERENT, est significative pour les taux d'erreurs, $F_1(2, 70) = 21.851, p < .01, F_2(1, 420) = 10.008, p < .01$.

.01 et les temps de réponse, $F_1(2, 70) = 136.35$, $p < .01$, $F_2(1, 420) = 72.797$, $p < .01$. Les sujets répondent mieux et plus rapidement aux propriétés dans la condition MEME que dans la condition DIFFERENT. Ce résultat, attendu en raison des effets d'amorçage de répétition, permet de nous assurer que l'épreuve a été réalisée correctement et que le principe d'expérience est assez sensible.

La comparaison des temps de réponses entre la condition MEME et la condition BASE confirme l'effet d'amorçage facilitateur. Conformément à nos attentes, les sujets répondent en effet plus rapidement dans la condition MEME (répétition de l'item dans les phases 1 et 2) que dans la condition BASE (traitement de l'item pour la première fois dans la phase 2, $F_1(2, 70) = 166.256$, $p < .01$, $F_2(1, 420) = 86.874$, $p < .01$). Bien que cet effet d'amorçage ne soit pas significatif sur les erreurs $F_1(2, 70) = .1169$, $p > .05$, $F_2(1, 420) = 1.938$, $p > .05$ la configuration des résultats nous permet de dire qu'il n'y a pas eu d'échange entre rapidité et exactitude.

Le contraste entre la condition BASE et la condition DIFFERENT est significatif pour les taux d'erreurs ($F_1(2, 70) = 9.529$ $p < .01$, $F_2(1, 420) = 3.139$, $p = .07$). Mais, alors que la répétition de l'item (nom et propriété) conduisait à un amorçage facilitateur, la répétition du seul nom entre les deux phases n'aide pas les sujets. Ces derniers produisent même plus d'erreurs dans la condition DIFFERENT que dans la condition BASE. En d'autres termes, la seule répétition du nom entre la phase 1 et la phase 2 ne facilite pas la vérification dans la deuxième phase et souligne même une certaine difficulté à effectuer un traitement successif à propos du même objet, si ce traitement implique des niveaux de catégories taxonomiques différents. Il ne suffit pas d'avoir déjà traité le nom de l'objet dans la première phase pour obtenir un effet d'amorçage. Le fait de devoir traiter cet objet à un niveau différent rend même le processus de jugement plus difficile comparé à la situation où celui-ci n'a jamais été traité auparavant. Nous devons néanmoins noter que cet effet inhibiteur n'est apparu que sur les erreurs. Ces dernières observations permettent de rapprocher nos résultats de ceux obtenus par Thompson-Schill et Gabrieli (1999). L'objectif de ces derniers était de mettre en évidence l'indépendance des lieux de stockage des traits fonctionnels et des traits visuels, à travers quatre expériences utilisant chacune un design expérimental très proche du nôtre. La première expérience consistait en une tâche de classification. Dans la première phase de cette épreuve, 48 noms d'objets étaient présentés au sujet. Pour la moitié de ces objets, les sujets devaient opérer une classification fonctionnelle (en décidant si l'objet était ou non comestible) et pour l'autre moitié, une classification visuelle (en répondant à la question : "est-ce que cet objet est rond ?"). Dans la deuxième phase de cette expérience, 72 mots étaient présentés. Un tiers de ces mots était à classer d'après la même dimension que dans la première phase, un autre tiers était à classer sur l'autre dimension et pour le dernier tiers, les mots étaient nouveaux (ils étaient alors traités dans la deuxième phase, pour la première fois, selon l'une ou l'autre des deux dimensions). Dans cette expérience, les auteurs observaient, comme nous-mêmes, un amorçage facilitateur en cas de répétition (condition MEME) ainsi qu'un effet d'inhibition dans la condition DIFFERENT et ceci uniquement sur les taux d'erreurs. Toutefois, cet effet inhibiteur n'était pas significatif dans leur étude. Dans leur deuxième expérience, les sujets devaient répondre à une question visuelle ("ces deux objets ont-ils la même forme ?") ou fonctionnelle ("ces deux objets ont-ils la même fonction ?") à propos d'un couple d'objets. Là encore, le design expérimental

proposait deux phases ; lors de la seconde phase, les couples étaient traités soit sur la même dimension que dans la première phase, soit sur l'autre dimension, ou bien ils étaient totalement nouveaux et étaient traités sur l'une ou l'autre dimension. Dans cette deuxième expérience, les auteurs observaient l'apparition d'une facilitation dans la condition DIFFERENT, mais elle restait plus réduite que celle produite par la condition MEME. Cette réduction de l'effet d'amorçage dans la condition DIFFERENT avait conduit les auteurs à conclure à des lieux de stockage indépendants des deux types d'attributs qu'ils manipulaient. La configuration de nos résultats suggère elle aussi des lieux de stockage indépendants pour les connaissances, mais cette fois pour les attributs pertinents au niveau d'entrée et pour ceux pertinents au niveau supra-ordonné.

L'interaction entre les variables **Condition** et **Niveau de la cible** est significative sur les erreurs, $F_1(2, 70) = 9.977$, $p < .01$, $F_2(1, 420) = 4.142$, $p < .05$. Les analyses de contrastes issus de cette interaction, présentée sur la Figure 26, révèlent des résultats très intéressants et pertinents par rapport à notre dernière hypothèse.

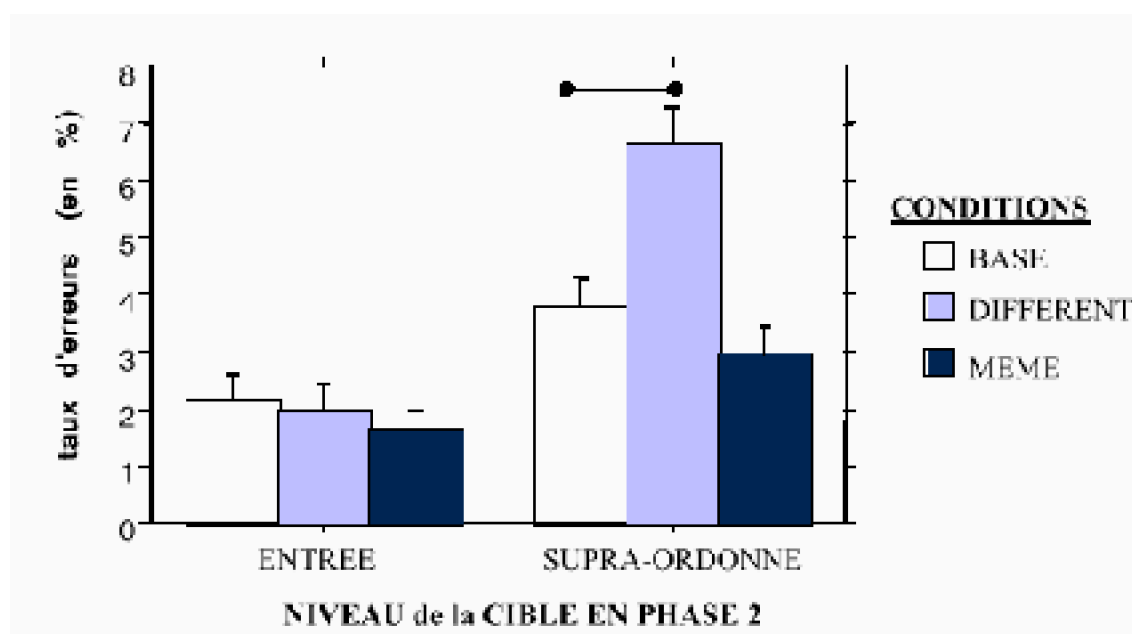


Figure 26 — Interaction Condition*Niveau de la Cible montrant la différence entre les sous-conditions DIFFERENT S-E et DIFFERENT E-S : la sous-condition DIFFERENT E-S provoque plus d'erreurs. Les liens entre deux conditions indiquent une comparaison de moyennes significative à $p < .05$.

Les sujets font plus d'erreurs pour juger l'association entre le nom et la propriété de niveau supra-ordonné dans la sous-condition DIFFERENT E-S que lorsqu'ils doivent juger cette association pour la première fois (BASE S), $F_1(2, 70) = 24.204$, $p < .01$, $F_2(1, 420) = 7.206$, $p < .01$. Autrement dit, il est plus facile de juger l'association entre un objet et un attribut supra-ordonné lorsque cet objet n'a pas été traité auparavant que s'il a été traité à un niveau plus fin auparavant. Cependant, nous n'observons pas d'effet semblable dans la condition inverse (sous-condition DIFFERENT S-E comparée à la condition BASE E), $F_1(2, 70) = .071$, $p > .05$, $F_2(1, 420) = 0.032$, $p > .05$. Le fait d'avoir traité quelques minutes auparavant un objet au niveau supra-ordonné n'entrave pas la récupération ultérieure de

connaissances de niveau d'entrée sur ce même objet.

Une première interprétation peut être proposée pour expliquer ce phénomène. Le fait d'avoir traité un concept au niveau supra-ordonné dans une première phase implique qu'il y ait tout de même eu des activations automatiques et spontanées des informations stockées au niveau d'entrée, ce qui permet d'attendre une certaine facilitation dans la sous-condition S-E. Par contre pour la condition E-S, dans la première phase, le traitement d'informations appartenant au niveau d'entrée en phase 1 n'impliquerait pas forcément l'activation de connaissances au niveau supérieur, ce qui aurait pu se traduire par une absence de facilitation. Cependant, cette interprétation n'explique pas entièrement le résultat obtenu puisqu'une *inhibition* apparaît dans cette condition E-S. Tout se passe plutôt comme si le fait d'avoir traité une association entre un concept et un attribut au niveau d'entrée s'accompagnait d'une inhibition du traitement d'autres associations entre ce même concept et d'autres attributs de niveaux plus élevés. Il se peut que ce phénomène repose sur l'existence de relations *d'inhibitions latérales* entre les connaissances à propos d'un même objet mais stockées à des niveaux différents. Ceci refléterait en tout cas une certaine modularité de l'organisation selon les niveaux de la hiérarchie. Toutefois, les relations entre les unités sémantiques sont généralement décrites comme strictement facilitatrices, contrairement à des relations d'inhibition souvent rapportées à propos de liens entre représentations orthographiques et phonologiques d'unités lexicales (Bijeljac-Babic, Biardeau & Grainger, 1995) voire infra-lexicales (Chavand & Bedoin, 1998 ; Bedoin, 1998 ; Bedoin, soumis).

Les résultats obtenus dans cette Expérience 7 s'accordent donc avec les conclusions des expériences précédentes. Les attributs d'un même objet sont organisés de façon taxonomique. Deux niveaux sont identifiables au sein de cette hiérarchie : niveau d'entrée et niveau supra-ordonné. Cette expérience permet également de confirmer l'indépendance de ces deux niveaux.

Le but de l'expérience suivante (Expérience 8) est de montrer que, conformément aux théories issues de la folkbiology, plusieurs niveaux supra-ordonnés sont identifiables au sein de cette organisation. Et, en accord avec notre précédente expérience, nous pensons pouvoir démontrer que ces niveaux sont également indépendants l'un de l'autre.

V. Expérience 8 : Inférence

La théorie prototypique, défendant l'idée d'une organisation hiérarchique des noms des objets en mémoire, postule l'existence de différents niveaux de stockage en mémoire pour les noms des objets. Au cours de cette thèse, nous avons montré la pertinence de penser une organisation semblable pour les attributs des objets. Nos données ont également permis de révéler l'indépendance des connaissances contenues aux niveaux d'entrée et supra-ordonné. L'objectif de la présente expérience (Expérience 8) est de mettre en évidence l'existence de *plusieurs niveaux de stockage supra-ordonnés* présentant aussi cette caractéristique *d'indépendance* l'un par rapport à l'autre. Nous pensons en effet possible de distinguer deux niveaux supra-ordonnés : un premier stockant des connaissances vraies pour le niveau ontologique (ici, nous testerons les connaissances sur les domaines des mammifères, des insectes et des poissons) et un deuxième

comportant des connaissances valables pour l'ensemble de la catégorie Animal. Par exemple, si nous considérons l'objet "canari", nous pensons pouvoir distinguer deux niveaux supra-ordonnés : le premier (que nous choisissons de nommer "niveau supra-ordonné ontologique") stockerait des informations liées au fait que le canari est un oiseau (par exemple : "a des ailes", "a un gosier"...) et le deuxième (que nous nommerons "niveau supra-ordonné de domaine") contiendrait des attributs faisant référence au fait que le canari est un animal ("a un coeur", "mange"...). Nous pensons que les connaissances contenues à ces deux niveaux sont indépendantes.

V.1. Méthode

L'Expérience 8 consistait en une tâche de vérification de l'association entre un dessin d'animal et une propriété. Tout comme dans les expériences réalisées avec les enfants, nous avons utilisé des dessins d'animaux *non familiers* afin que les sujets mettent en oeuvre des connaissances générales sur le domaine des animaux et non pas des connaissances spécifiques qu'ils possèdent à propos d'exemplaires particuliers.

La propriété à vérifier pouvait être récupérée à l'un ou l'autre des deux niveaux supra-ordonnés, tels que nous venons de les décrire. Pour chacun de ces niveaux, dans la moitié des cas, un indice visuel était présent sur le dessin (par exemple, lorsque le sujet devait décider si l'animal présenté allaitait ses petits, des mamelles étaient visibles sur le dessin). Dans l'autre moitié des cas, aucun indice visuel ne permettait de répondre aussi directement à la question.

Ainsi, nous serons en mesure de savoir si les sujets réalisent avec autant de facilité des inférences à partir de ces deux niveaux de stockage supra-ordonnés et si ces niveaux sont pareillement sensibles à l'apport d'un indice visuel. Une différence dans la vérification des connaissances contenues à ces deux niveaux de stockage traduirait l'existence de deux niveaux de stockage supra-ordonnés et un apport non systématique des indices visuels traduirait une indépendance des connaissances contenues à ces différents niveaux.

V.1.1. Sujets

L'Expérience 8 a été proposée à 36 étudiants (20 femmes et 16 hommes) en psychologie à l'Université Lumière Lyon 2, de moyenne d'âge 25.18 ans (MSD = 5.71 ans). Les sujets étaient tous volontaires, les passations se sont déroulées au Laboratoire EMC, dans une salle d'expérimentation insonorisée.

V.1.2. Stimuli

Dans cette expérience, 60 associations entre un dessin et une propriété ont été proposées au sujet. La moitié de ces associations était correcte, l'autre moitié était incorrecte.

Parmi les 30 items expérimentaux, 12 étaient vérifiables au niveau supra-ordonné ontologique (6 présentaient un indice visuel susceptible de faciliter la réponse du sujet et 6 ne présentaient pas d'indice perceptif) et 12 étaient vérifiables au niveau supra-ordonné

de domaine (6 avec indice perceptif et 6 sans indice). Six autres associations n'étaient pas vérifiables à partir de l'un ou l'autre des deux niveaux supra-ordonnés (par exemple : "peut manger des feuilles dans les arbres" ou "mord sa proie") et un indice visuel était présent sur le dessin (pour ces exemples, les indices étaient, respectivement, un long cou et de grandes dents). Ainsi 5 conditions expérimentales ont été constituées (supra-ordonné ontologique avec indice visuel, supra-ordonné ontologique sans indice visuel, supra-ordonné de domaine avec indice visuel, supra-ordonné de domaine sans indice visuel et contrôle). Chaque condition comportait 6 items répartis de façon équilibrée entre dans les trois espèces animales suivantes : mammifère, poisson et insecte.

Les 30 items incorrects proposaient des associations inexactes ce qui permettait de rendre la tâche de vérification de propriétés possible. Les animaux dessinés étaient répartis selon 3 catégories : mammifère, poisson et insecte.

La Figure 27 présente la répartition des items pour un sujet⁴³.

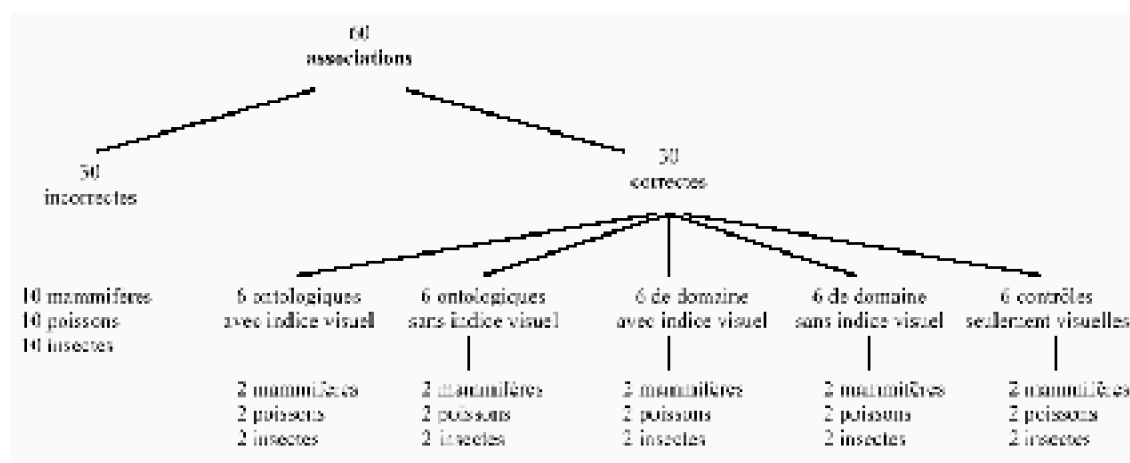


Figure 27 — Répartition des items utilisés dans l'Expérience 8.

Afin de contrebalancer les possibles effets d'ordre, six listes différentes de ce type ont été constituées grâce à la méthode du carré latin. Au sein de chacune de ces listes, nous avons veillé à ce que pas plus de trois conditions du même type ne se succèdent. Nous avons également contrôlé que jamais plus de trois animaux de la même espèce ne se suivent. Afin de permettre la comparaison des temps de réponse entre les différentes conditions, nous avons équilibré le nombre de caractères des propriétés pour chacune des conditions (total de 104 caractères par condition).

Tous les dessins utilisés dans l'Expérience 8 étaient non familiers, ils ont été réalisés par nos soins. Ils étaient tous de même facture : des dessins au traits en noir et blanc, de dimension égale (6X6 cm).

V.1.3. Matériel

L'expérience a été construite grâce au logiciel PsyScope 1.2.1 (Cohen et al., 1993). Les stimuli apparaissaient sur l'écran d'un ordinateur de type Power Macintosh 7300/200. Les

⁴³ Les dessins ainsi que la liste des propriétés utilisée pour l'Expérience 8 sont consultables en Annexes (page 40 à 44).

sujets étaient testés individuellement dans une chambre insonorisée.

V.2. Procédure

Le sujet était face à un écran sur lequel apparaissait un cadre pendant 500 ms. Ce cadre, centré en haut de l'écran, permettait au sujet de fixer son attention. Le dessin de l'animal non familier s'inscrivait ensuite dans ce cadre et restait présenté pendant 1000 ms. Cette durée permettait au sujet de scruter le dessin présenté et donc de voir l'indice visuel, le cas échéant. Dans un troisième temps, la propriété s'affichait au bas de l'écran pendant que le cadre et le dessin restaient affichés. Ces trois éléments restaient à l'écran jusqu'à ce que le sujet donne sa réponse en appuyant sur deux touches du clavier (réponse oui/non) indiquées par des pastilles de couleur. La Figure 28 présente le déroulement d'un essai pour cette expérience.

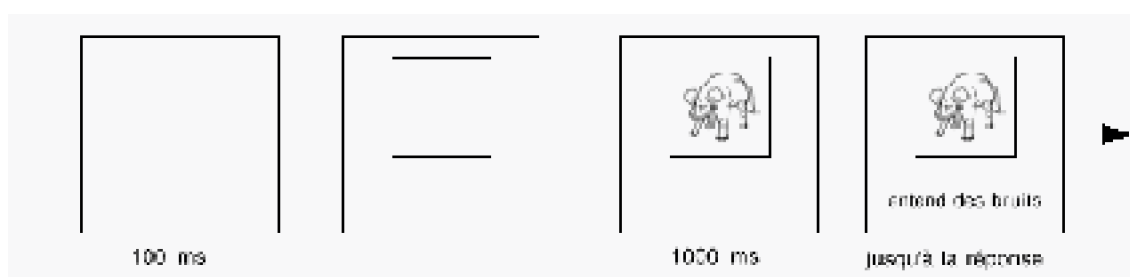


Figure 28 — Succession des événements pour l'Expérience 8.

Les temps de réponse ainsi que les taux d'erreurs étaient mesurés.

V.3. Résultats et discussion

Nous avons réalisé une analyse de variances à mesures répétées (Anova) pour les sujets sur les temps de réponse et sur les taux d'erreurs⁴⁴. Ces analyses comportent un seul facteur intra-individuel : Condition avec 5 modalités : contrôle, supra-ordonné ontologique avec indice visuel, supra-ordonné ontologique sans indice visuel, supra-ordonné de domaine avec indice visuel et supra-ordonné de domaine sans indice visuel.

L'analyse des performances des sujets révèle un effet de **la variable Condition** pour les taux d'erreurs, $F(4, 140) = 4.790$, $p < .01$ mais pas pour les temps de réponse $F(4, 140) = .935$, $p > .05$. Les temps de réponses pour chacune des conditions sont statistiquement non différents. Ceci nous permet de penser que les sujets n'ont pas opéré de compromis entre la rapidité et l'exactitude de leurs réponses pour certaines conditions.

La Figure 29 présentant les taux d'erreurs des sujets permet de constater que ceux-ci ne produisent pas le même nombre d'erreurs suivant les conditions.

⁴⁴ Les tableaux généraux des analyses Anova de l'Expérience 8 sont consultables en Annexes, page 44 bis.

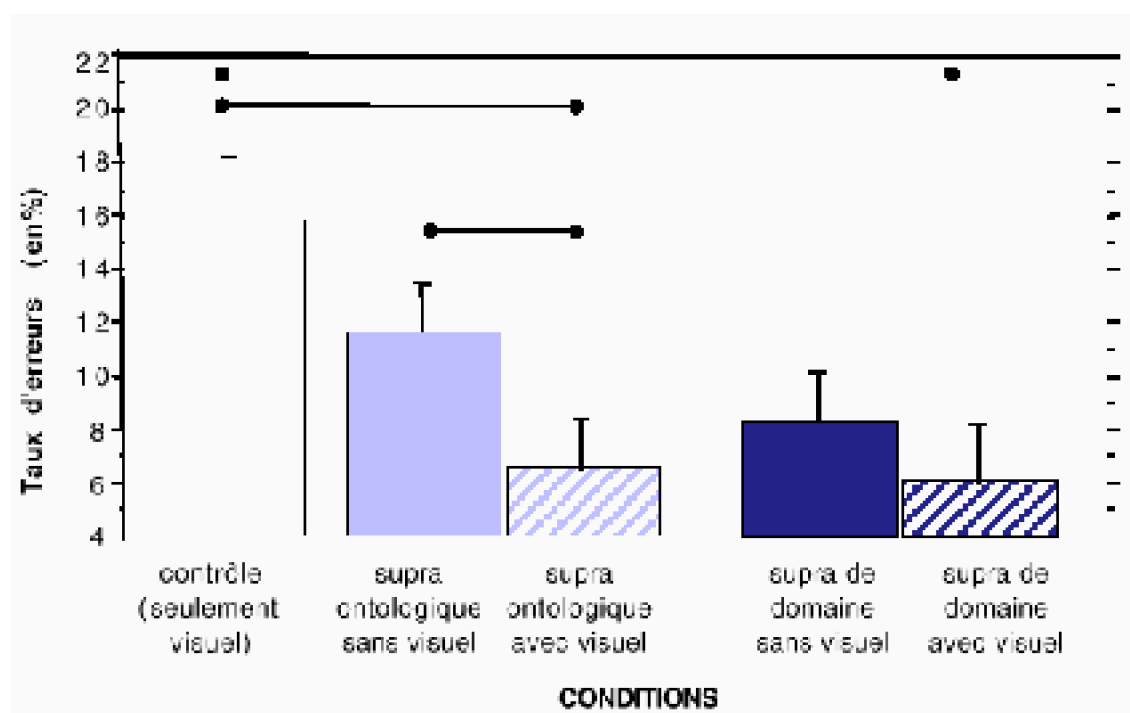


Figure 29 — Taux d'erreurs pour chacune des conditions expérimentales de l'Expérience 8. Les liens entre deux conditions indiquent une comparaison de moyennes significative à $p < .05$.

La condition la plus difficile dans cette épreuve est la condition contrôle (15.75 % d'erreurs contre 11.6, 6.48, 8.33 et 6 %). Dans cette condition, rappelons que les propriétés n'étaient pas inférables à partir de l'un ou l'autre des deux niveaux supra-ordonnés ; elles pouvaient cependant être acceptées si un indice visuel présent sur le dessin étaient pris en compte. Ainsi, lorsque la vérification de la propriété est uniquement possible à partir d'un indice visuel directement lié à cette propriété, les sujets éprouvent plus de difficultés pour répondre que dans les conditions où cet indice est présent mais où la propriété peut aussi être inférée à partir d'un niveau supra-ordonné (différence entre la condition contrôle et la condition supra-ordonné ontologique : 9.26 %, $E(4, 140) = 12.490$, $p < .01$ et différence entre la condition contrôle et la condition supra-ordonné de domaine : 9.72 %, $E(4, 140) = 13.77$, $p < .01$). Ce résultat permet de conclure que les sujets ont utilisé dans cette expérience des connaissances sémantiques contenues dans leur mémoire pour vérifier les informations de niveaux supra-ordonnés, et que leur jugement ne s'est pas basé seulement sur la présence d'un indice visuel, même si ce dernier était directement lié à la propriété énoncée. Ainsi, même lorsqu'une inférence à partir de connaissances sur une catégorie supra-ordonnée n'est pas nécessaire, il semble que celle-ci soit tout de même spontanément réalisée.

Concernant l'hypothèse de l'existence de deux niveaux supra-ordonnés, nous n'observons pas de différence significative entre les conditions supra-ordonné ontologique et supra-ordonné de domaine, malgré nos attentes. Toutefois, l'allure du graphique ne va pas dans le sens contraire de notre hypothèse d'une différence entre les inférences réalisées à partir du niveau supra-ordonné ontologique et celles à partir du niveau supra-ordonné de domaine, les écarts-types étant cependant trop importants pour qu'une

différence statistique n'apparaît.

L'effet différent de l'indice visuel suivant ces deux niveaux constitue un argument plus convaincant en faveur de l'existence de ces deux niveaux de stockage et de leur indépendance. Nous pouvons en effet observer que l'indice visuel n'est pas utilisé de façon systématique selon le niveau supra-ordonné à partir duquel l'inférence peut être réalisée : son utilisation dépend du niveau de connaissances requis pour réaliser la tâche. Ainsi, la présence de l'indice visuel a un effet facilitateur lorsque le sujet peut répondre à partir de connaissances du niveau supra-ordonné ontologique (la comparaison entre les conditions supra-ordonné ontologique sans indice visuel et avec indice visuel est significative : $F(4, 140) = 3.779$, $p = .05$), mais pas lorsque les inférences sont à réaliser à partir de connaissances du niveau supra-ordonné de domaine (différence non significative entre les conditions supra-ordonné de domaine sans indice visuel et avec indice visuel : $F(4, 140) = .781$, $p > .05$). Ce résultat souligne donc l'influence différente de l'indice visuel dans une tâche où les inférences à réaliser impliquent différents niveaux de stockage de l'information.

Nos résultats tendent donc à suggérer l'existence de deux niveaux supra-ordonnés pour le stockage des informations sémantiques relatives aux attributs d'un même objet et soulignent l'indépendance des connaissances contenues à ces deux niveaux. De plus, le niveau de domaine présenterait un certain privilège car la vérification des attributs à ce niveau semble assez facile puisque les sujets n'exploitent pas l'indice visuel qui était pourtant disponible.

L'existence de deux niveaux supra-ordonnés stockant des connaissances indépendantes avait déjà été suggérée d'une autre manière par Bedoin et Brédard (2001). Ces auteurs ont en effet montré que le traitement d'un nouvel objet est plus facilement effectué à partir du niveau général du type Animal ou Artefact (ce qui correspond au niveau supra-ordonné de domaine dans notre expérience) qu'à partir du niveau infra-ordonné du type Oiseau, Mammifère ou Instrument de musique (niveau supra-ordonné ontologique dans notre expérience). Cette tâche consistait en une détection d'intrus au sein d'un triplet d'objets présentés sous forme de dessins. Deux de ces objets étaient familiers, le troisième non familier. Le sujet devait désigner "l'intrus sémantique", c'est-à-dire l'objet ne partageant pas la même appartenance catégorielle que les deux autres. Par exemple, dans le triplet "poule, vache et autre mammifère non familier", l'intrus est la poule car les deux autres sont des mammifères. L'objet non familier n'était jamais l'intrus. Pour réaliser correctement la tâche, cet objet non familier devait parfois être traité au niveau supra-ordonné ontologique (oiseau, mammifère, outil ou instrument de musique) comme c'est le cas dans cet exemple ; dans d'autres cas, il suffisait de le traiter à un niveau de domaine plus général (animal ou artefact) (par exemple, un mammifère non familier était associé à un canard et à une cuillère). Après une phase distractive, le sujet était invité à réaliser une nouvelle épreuve de détection d'intrus, basée sur le même principe. Cependant, les triplets n'étaient pas les mêmes : ils comportaient toujours l'objet non familier (il était donc rencontré pour la deuxième fois) mais celui-ci était toujours associé à d'autres objets qui formaient un contexte rendant nécessaire un traitement de cet objet non familier soit au même niveau que lors de la première phase, soit à un niveau différent. Par exemple, toujours pour le même exemple

de triplet, le sujet traitait le triplet "poule, vache et autre mammifère non familier" dans la première phase (traitement au niveau supra-ordonné ontologique de l'objet non familier) puis, dans la deuxième phase, le sujet voyait ce même mammifère non familier associé à un oiseau et une clé à molette. L'intrus étant l'outil, l'item non familier devait être alors traité au niveau supra-ordonné de domaine.

Les auteurs ont montré que les temps de détection de l'intrus étaient plus courts lorsque l'objet non familier pouvait être considéré au niveau supra-ordonné de domaine plutôt qu'au niveau supra-ordonné ontologique. Aussi, parmi les différents niveaux supra-ordonnés, le niveau de domaine aurait un certain privilège : celui de permettre une catégorisation plus rapide, sans doute parce qu'un faible nombre d'indices visuels est nécessaire à une catégorisation à ce niveau.

Ce bénéfice pour le niveau supra-ordonné de domaine par rapport au niveau supra-ordonné ontologique est cohérent avec les résultats de notre expérience. Toutefois, il est possible que ce privilège soit spécifique du domaine des animaux. En effet, l'expérience de Bredard et Bedoin (2001) montre que, dans le domaine des artefacts, le fait d'avoir traité pour la première fois un artefact non familier au niveau supra-ordonné de domaine facilite ensuite le traitement de ce même objet au niveau supra-ordonné ontologique, alors que l'inverse n'est pas vrai. Il semble donc que, lorsqu'il s'agit d'un artefact nouveau, les sujets ne traitent pas celui-ci seulement au niveau nécessaire à la tâche si ce niveau est trop général ; ils le traiteraient aussi spontanément à un niveau plus fin pour l'identifier plus précisément comme instrument de musique ou comme outil, par exemple. Cette recherche a également montré que ce traitement supplémentaire, par rapport à celui strictement nécessaire, n'était pas réalisé par un groupe de personnes âgées atteintes d'un début de DTA. Ce type de démence, connue pour ses incidences sur les connaissances sémantiques, présente donc pour la poursuite de nos travaux, un intérêt majeur. Elle nous permettra d'aborder la question de l'organisation des connaissances sémantiques à des niveaux différents ainsi que la question de l'évolution de cette organisation au cours du vieillissement normal et pathologique.

VI. CONCLUSION

- Synthèse des expériences réalisées auprès des adultes jeunes :
- 1/ Les Expériences 4, 5, 6, 7 et 8 confirment l'existence d'une organisation hiérarchique ou taxonomique des attributs pour un même objet en mémoire. Différents niveaux de stockage et de récupération sont identifiables : un niveau d'entrée mais aussi plusieurs niveaux supra-ordonnés.
- 2/ Les connaissances contenues à ces différents niveaux de la hiérarchie sont indépendantes. La nature de l'information (structurale ou fonctionnelle), la modalité de présentation du matériel (imagée ou verbale) ainsi que l'aide apportée par des indices visuels ont des influences différentes suivant ces niveaux.
- 3/ La modalité d'accès à l'information (verbale ou imagée) a une influence dans la

récupération des connaissances sémantiques en mémoire. Le traitement des informations structurales de niveau supra-ordonné est particulièrement favorisé par une présentation imagée des stimuli.

- 4/ Concernant l'effet de la nature de l'information, celui-ci peut être étudié pour le domaine des êtres vivants aussi bien lorsque la connaissance est récupérable au niveau d'entrée que lorsqu'elle l'est au niveau supra-ordonné. L'Expérience 5 permet de révéler des réseaux corticaux distincts pour ces deux types de propriétés, non seulement lorsque les connaissances peuvent être récupérées directement au niveau d'entrée d'un objet mais aussi lorsque les connaissances relèvent du niveau supra-ordonné. La récupération d'informations à ce niveau supra-ordonné imposerait un processus de récupération plus complexe, vraisemblablement basé sur des inférences catégorielles.

Suite à ces travaux sur *l'organisation* des connaissances sémantiques chez les jeunes adultes, nous nous sommes interrogés sur le *devenir de cette organisation des connaissances au cours du vieillissement normal et pathologique*. Pour étudier ce dernier aspect, nous avons choisi de nous intéresser à la Démence de Type Alzheimer (DTA), une pathologie affectant particulièrement les connaissances sémantiques en mémoire. L'étude des patients atteints de DTA est donc un bon moyen pour mieux comprendre l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire. Mais, au-delà des apports concernant la déstructuration de ces connaissances, l'étude de ces patients apporte des informations quant à l'organisation des connaissances sémantiques chez des personnes âgées saines, puisque que les activations cérébrales lors de tâches sémantiques impliquent les mêmes régions dans ces deux populations (Saykin et al., 1999).

Au cours de la partie théorique, nous nous attacherons, dans un premier temps, à décrire les effets du vieillissement sur les capacités mnésiques des sujets. Puis, nous verrons quels sont les outils utilisés actuellement pour déterminer la frontière entre un vieillissement normal et un vieillissement pathologique. Nous présenterons ensuite la DTA et décrirons les effets de cette pathologie sur les connaissances sémantiques en mémoire. Cette description nous permettra de faire le bilan sur différents points de controverse et nous verrons dans quelle mesure nos travaux peuvent contribuer à apporter un élément de réponse supplémentaire à ces questions.

Cette partie théorique sera suivie de la présentation de trois séries d'expériences, réalisées auprès de sujets âgés ne présentant pas de pathologie particulière et auprès de patients atteints de DTA à différents stades de la maladie.

CHAPITRE III : Devenir des connaissances sémantiques au cours du vieillissement normal et pathologique (dta)

CADRE THEORIQUE

I. EFFET DU VIEILLISSEMENT SUR LES CAPACITÉS MNÉSIQUES

I.1. Mémoire et vieillissement normal

Comme le rapportent Resnick et al. (2000), de nombreuses études comparant des populations jeunes et âgées ont révélé que le vieillissement s'accompagne d'une atrophie du cerveau se matérialisant à la fois par un accroissement de l'espace ventriculaire et par une perte de la substance blanche et grise. Le suivi longitudinal pendant un an effectué par cette équipe sur 116 personnes âgées de 59 à 85 ans a permis de quantifier cette

modification pour les ventricules : à un an d'intervalle, le volume occupé par les ventricules augmenterait de 1526 mm³.

Différentes études rapportent que cette atrophie ne concernerait pas de façon identique toutes les zones du cerveau. L'hippocampe⁴⁵ serait une structure cérébrale particulièrement affectée par le vieillissement (Jack, Petersen, O'Brien & Tangalos, 1992 ; West, 1993 ; Sullivan, Marsh, Mathalon, Lin & Pfefferbaum, 1995 ; Raz et al., 1997), tout comme les lobes frontaux et temporaux (Coffey et al., 1992 ; Cowel et al., 1994 ; Peters, Leahy, Moss & McNally, 1994 ; Murphy et al., 1996 ; Raz et al., 1997).

Ces modifications anatomiques ont des conséquences sur les capacités cognitives des sujets âgés (capacités langagières, motrices, mnésiques...). Dans les paragraphes suivants, nous nous intéresserons plus particulièrement aux effets du vieillissement sur les capacités mnésiques des personnes âgées.

Les déficits les plus classiquement rapportés pour cette population sont des troubles de la mémoire de travail (Daneman & Carpenter, 1980 ; Gilinsky & Judd, 1994), des perturbations de la mémoire à court terme (Fontaine, Isingrini, Gauthier & Cochez, 1991, cité par Fontaine, 1999), et un déficit attentionnel (sensibilité à l'interférence) (Craik, 1986 ; Nasr-Wyler, Pellerin & Piette, 1998).

L'étude réalisée par Fontaine et al. (1991), utilisant le paradigme de position sérielle, a en effet permis de montrer que le vieillissement affecte spécifiquement la récupération d'informations récemment stockées en mémoire alors que la récupération des connaissances contenues en mémoire à long terme n'est pas atteinte. Ces auteurs ont proposé une tâche de position sérielle à 240 sujets répartis dans 4 classes d'âge (25-45 ans, 60-69 ans, 70-79 ans et plus de 80 ans) et ont mis en évidence une baisse des performances pour les sujets âgés, ce déficit s'exprimant seulement sur les effets de récence et non sur les effets de primauté.

Ces difficultés s'expliquent par des déficits dans les processus d'encodage et de récupération.

Différentes études rapportent en effet des difficultés des sujets âgés dans les tâches de rappel libre (Isingrini, Hauer & Fontaine, 1996 ; Taconnat & Isingrini, 1996). Les auteurs expliquent cette difficulté par le fait que le vieillissement ne permettrait qu'un encodage superficiel des informations. Ceci rejoint le modèle de profondeur de traitement proposé par Craik et Lockart (1972) pour lequel une information peut être encodée en mémoire selon un continuum hiérarchique allant du plus superficiel (structural) ou plus profond (sémantique), mais également les perspectives actuelles sur la mémoire défendant l'existence d'une mémoire à traces encodées plus ou moins profondément. Cette difficulté d'encodage profond des informations peut trouver une explication dans l'altération du lobe frontal reconnu pour intervenir dans les processus d'inhibition. Au cours du vieillissement, le lobe frontal ne pourrait plus jouer aussi efficacement son rôle inhibiteur, et des informations externes viendraient parasiter le traitement des informations, ce qui empêcherait de les traiter de façon approfondie (Hasher & Zacks,

⁴⁵ Le vieillissement n'affecte pas l'ensemble de la structure hippocampique, les champs CA1 et CA3 sont en effet toujours préservés au cours du vieillissement (Rasmussen, Schliemann, Sorensen, Zimmer & West, 1996 ; West, 1993).

1988 ; Hartman & Hasher, 1991).

En ce qui concerne le processus de récupération, celui-ci semble également être affecté par le vieillissement. Certes, il est possible de faire disparaître les différences de performances observées entre les populations jeunes et âgées dans des tâches de rappel libre si l'on donne aux personnes âgées un indice dans la phase de récupération (Craik, 1986 ; Isingrini, Fontaine, Grellier & Sauger, 1990), mais l'analyse plus fine des erreurs produites par les sujets âgés montre qu'ils commettent tout de même plus de fausses reconnaissances (Fontaine et al., 1991 ; Isingrini, Vazou & Leroy, 1995).

On peut noter que l'effet du vieillissement sur les performances des sujets n'est pas linéaire. Dans les travaux de Fontaine et al. (1991), deux périodes semblent particulièrement critiques : le passage à plus de 60 ans et celui à plus de 80 ans. D'une façon globale, les performances du groupe des plus âgés (plus de 80 ans) sont 70 % moins bonnes que celles du groupe des plus jeunes (25-45 ans), mais les plus fortes baisses de performances s'observent entre les sujets jeunes et le groupe des 60-69 ans (baisse de 30 %), et entre le groupe des 70-79 ans et celui des plus de 80 ans (baisse de 29 %) alors que les performances déclinent seulement de 11 % entre les deux groupes intermédiaires (60-69 ans et 70-79 ans). Cette remarque rejoint celle de Cregger et Rogers (1998) qui insistent sur la nécessité de créer des sous-groupes dans la population âgée, même si ces deux équipes ne s'accordent pas sur les périodes charnières. Pour Cregger et Rogers (1998), l'effet du vieillissement est particulièrement massif après 70 ans : suite à la passation de tests de rappel immédiat et différé, ils observent en effet des performances équivalentes entre le groupe des 18-34 ans et des 60-70 ans, mais des performances particulièrement affectées pour le groupe des 71-82 ans.

Ainsi, le vieillissement s'accompagne de modifications anatomiques du cerveau qui se répercutent sur certaines capacités mnésiques des sujets. Dans le paragraphe suivant, nous verrons que ces modifications inquiètent les sujets âgés. Cependant, ces perturbations sont quantitativement et qualitativement moins importantes que celles observées en cas de pathologie. Nous verrons que la difficulté pour les praticiens est d'établir la frontière entre des perturbations mnésiques liées au vieillissement normal et des signes précurseurs de pathologie. L'étude de la plainte mnésique des personnes âgées apparaît alors comme un outil particulièrement intéressant pour effectuer cette distinction (Thomas-Antérion et al., soumis).

I.2. Où commence la pathologie ?

Le concept de AAMI (Age Associated Memory Impairment) a été défini par Crook, Bartus, Ferris, Whitehouse et Cohen (1986) afin de répondre à cette question. L'objectif de ces auteurs était en effet de désigner les effets "non pathologiques" du vieillissement sur la mémoire. Selon ce concept, une plainte mnésique émanant d'une personne de plus de 50 ans, associée (ou non) à un déficit dans les tests psychométriques tels que les tests de rétention visuelle de Benton, de mémoire logique ou associative de Wechsler, ne sont pas des critères suffisants pour évoquer une pathologie. Par contre, si une plainte mnésique apparaît avant 50 ans et que celle-ci s'accompagne de performances déficitaires dans des tests de vocabulaire ou d'un score inférieur à 24 au MMS (Mini Mental State, Folstein,

Folstein & McHugh, 1975), un état pré-déméntiel peut être évoqué.

Ce concept, bien que séduisant dans son objectif, ne semble toutefois pas prendre suffisamment en compte la plainte mnésique des personnes âgées. La plainte mnésique semble en effet pouvoir jouer un rôle particulièrement informateur sur un début de pathologie

1.2.1. La plainte mnésique

La plainte mnésique est un symptôme subjectif dont le ressenti exprimé par le patient est celui d'un dysfonctionnement de ses capacités de mémorisation. Plusieurs études rapportent que cette plainte augmente significativement au cours du vieillissement (Derouesné, 1992 ; Dartigues, Gagnon & Michel, 1991 ; Ledanseurs, 1996). Mais l'âge n'est pas le seul facteur favorisant son apparition. Le faible niveau d'étude des sujets (Derouesné, 1992 ; Bolla, Lindgreen, Bonaccorsy & Bleecker, 1991), leur pauvre estimation de leur propre intégration sociale (Ledanseurs, 1996) et un état psychique perturbé⁴⁶ favorisent l'apparition de cette plainte.

Les études longitudinales sur de grandes cohortes de sujets sont particulièrement précieuses pour connaître le devenir des personnes âgées présentant une plainte mnésique.

Schmand, Jonker, Hooijer et Lindeboom (1996) ont, par exemple, étudié une cohorte de 357 volontaires âgés de 65 à 84 ans exprimant une plainte mnésique, mais sans démence ou trouble psychiatrique sous-jacent. Après 3 années de suivi, 7.9 % des patients étaient devenus déments (nous reviendrons sur les critères permettant de définir un état démentiel). Des analyses complémentaires ont révélé que ces patients présentaient des scores plus faibles aux tests utilisés lors de l'évaluation initiale. Le suivi longitudinal effectué par Bowen, Teri, Kukull et McCormick (1997) pendant 4 ans auprès de 219 personnes âgées confirme l'importance du facteur prédictif de la plainte mnésique, et particulièrement lorsque celle-ci est associée à des performances déficitaires dans des tests mnésiques. 48 % des patients présentant ces deux caractéristiques ont en effet développé une démence contre 18 % des patients présentant uniquement une plainte subjective.

Ainsi, le risque de développer une démence est plus important lorsque le déficit mnésique objectif est, certes isolé, mais relevable. Toutefois, même en dehors de la présence d'anomalies dans les tests, la plainte mnésique peut être prédictive de pathologie.

L'étude Paquid (Dartigues, Gagnon & Michel, 1991) menée sur 1503 personnes de plus de 65 ans non démentes a permis de montrer que les personnes qui ressentent un trouble et qui présentent des performances normales aux tests mnésiques sont tout aussi susceptibles de développer une pathologie que les patients qui ont des performances mnésiques plus basses que la moyenne des sujets de leur âge (Gagnon, Dartigues &

⁴⁶ La plainte mnésique est en effet largement rencontrée chez des patients souffrant d'anxiété (Thomas-Antérion, Dirson, Foyatier-Michel, Laurent & Michel, 1997), de troubles obsessionnels compulsifs (Thomas-Antérion, Cadet, Dirson & Laurent, 2002) ou d'état dépressif (Grut et al., 1993).

Mazaux, 1994). Le suivi longitudinal de Schofield, Jacobs, Marder, Sano et Stern (1997) sur 133 personnes âgées confirme que la plainte mnésique peut constituer, à elle seule, un indice de pathologie future.

De ces différentes études, il faut donc retenir que, lorsqu'un patient âgé exprime en consultation une plainte mnésique, il est pertinent de la prendre en considération, et ceci d'autant plus s'il existe un déficit objectif aux tests psychométriques. Alors que la plainte mnésique semble être un possible indicateur de début de pathologie, peu d'outils satisfaisants existent, selon nous, pour l'évaluer. Par exemple, l'échelle de McNair (1984), qui est pourtant classiquement utilisée pour cette évaluation, ne permet pas de faire la différence entre la plainte mnésique exprimée par un sujet anxieux, et par celle d'un patient présentant un début de démence. Le questionnaire d'auto-évaluation de la mémoire (QAM) proposé par van der Linden, Wyns, von Frenckell, Coyette et Seron (1989) paraît quant à lui plus pertinent pour l'évaluation des troubles chez des sujets cérébro-lésés que pour des sujets débutant une démence.

Partant de ce constat, nous avons participé à l'élaboration d'un questionnaire d'évaluation de plainte mnésique (QMP) permettant d'aider les praticiens à repérer une plainte en l'aidant à différencier efficacement une plainte bénigne d'une plainte plus sévère, et d'orienter ainsi plus rapidement les patients vers une consultation de mémoire spécialisée (Thomas-Antérion et al., soumis).

Notre questionnaire consiste en une liste de 10 questions abordant la mémorisation des faits récents, l'oubli des rendez-vous, la perte d'objets, l'orientation spatiale, le rappel d'épisodes entiers, le manque du mot, les activités quotidiennes et le changement de caractère en termes de repli. L'analyse des réponses fournies par 128 personnes (64 patients et 64 personnes âgées contrôles appariées en âge, sexe et niveau culturel) montre que notre questionnaire permet de différencier significativement les patients et les sujets contrôles⁴⁷. Plus précisément, cinq questions semblent particulièrement permettre la différenciation entre les populations de patients et de sujets contrôles. Elles portent sur la perte fréquente d'objets personnels (et non simplement la recherche), la désorientation dans des endroits familiers, l'oubli d'événements vécus personnellement, et le sentiment de repli sur soi. Ce questionnaire de plainte mnésique ne constitue pas à lui seul un outil diagnostique. Toutefois, trois réponses positives à ce questionnaire doivent alerter le praticien et le conduire à diriger le patient vers une consultation médicale adaptée.

La plainte mnésique est donc à considérer lorsqu'il s'agit de déceler un état pré-démence. Lorsque cette plainte est associée à des troubles objectifs de la mémoire qui sont mis en évidence par des tests neuropsychologiques standardisés, la présomption d'un état pré-démence peut être formulée.

1.2.2. Le concept de MCI

Outre le concept de AAMI, un autre concept prenant cette fois plus en considération la

⁴⁷ Même si nous développerons que plus tard dans ce manuscrit les différents stades de la DTA, nous pouvons noter dès maintenant que les réponses obtenues reflètent la sévérité avec laquelle les patients sont atteints par la DTA (légère, modérée ou sévère).

plainte mnésique des sujets a été proposé. L'objectif du MCI (Mild Cognitive Impairment, Flicker, Ferris & Reisberg, 1991 ; Peterson et al., 1999) est de définir un état cognitif transitionnel entre le vieillissement normal et pathologique. L'utilisation de ce concept sert à traduire la présence de troubles mnésiques retentissant dans la vie quotidienne (plainte mnésique évoquée par le patient, la famille ou bien le médecin) qui s'accompagne de performances aux tests mnésiques inférieures ou égales à 1.5 écart-type de la moyenne des sujets du même âge et en l'absence de détérioration.

Comme le rappellent McKhann et al. (1984) ainsi que Petersen et al. (1999), 12 à 15 % des personnes pour lesquelles ce diagnostic de MCI aura été posé développeront une Démence de Type Alzheimer (DTA). Ce concept présente donc l'intérêt de pouvoir identifier les patients susceptibles de développer une DTA puisque le taux d'apparition de cette pathologie dans une population générale comparable n'est que de 1 à 2 % par an (Daly et al., 2000 ; Morris et al., 2001). Cependant, pour Dubois et al. (2001), ce concept induit l'idée d'un continuum entre le normal et le pathologique. Or, comme nous le verrons, il n'y a pas de rapport entre les déficits liés à l'âge et ceux présents dans la DTA. Ces deux entités correspondent à des états neuropathologiques sans recouvrement entre eux. Aussi, ce concept doit être manipulé avec précaution.

I.2.3. Classification des démences

Pour le DSM IV (American Psychiatric Association, 1994) la démence est définie par ***“l'apparition de déficits cognitifs multiples qui comportent une altération de la mémoire et au moins l'une des perturbations cognitives suivantes : aphasie, apraxie, agnosie ou perturbation des fonctions exécutives. Les déficits cognitifs doivent être suffisamment sévères pour entraîner une altération significative du fonctionnement social et doivent représenter un déclin par rapport au niveau du fonctionnement antérieur”***.

Il existe deux groupes de démences : les démences primaires et les démences secondaires. Les démences primaires ou dégénératives entraînent une perte progressive des cellules nerveuses. Cette terminologie regroupe des pathologies telles que la démence de type Alzheimer, la maladie de Pick, ou des pathologies à prédominance sous-corticale. Les démences secondaires se manifestent par une perturbation des fonctions cérébrales sans provoquer une altération physique du cerveau. Ces démences sont éventuellement curatives. Leur origine peut être mécanique (contusions traumatiques, tumeur...), toxique (alcoolisme chronique...), carentielle, métabolique ou bien encore vasculaire.

La démence de Type Alzheimer (DTA) représente 45 % des démences, et 75 % à 80 % des cas de démences dégénératives (Pasquier, 1995). Les paragraphes suivants sont consacrés à la présentation de cette pathologie.

II. La Démence de Type Alzheimer (DTA)

II.1. Epidémiologie

Selon l'étude Paquid (Dartigues, Gagnon & Michel, 1991), l'incidence annuelle de la maladie d'Alzheimer est, en France, de 1.14 %. Une projection effectuée par Ritchie en 1995 prédisait que, sur notre territoire, 313 000 personnes seraient atteintes par la DTA en l'an 2000, 395 000 en 2010 et 525 000 en 2020. Cette prédiction s'accorde avec les données actuelles fournies par le secrétariat d'état aux personnes âgées : dans son dossier de presse d'octobre 2001, il rapporte que 350 000 à 400 000 personnes sont actuellement atteintes de cette pathologie en France.

Comme le montrent les études épidémiologiques, l'âge est l'un des facteurs prédisposant à la pathologie : 83.7 % des patients actuellement atteints de DTA auraient en effet plus de 80 ans. Précisément, l'incidence de la pathologie serait multipliée par 18 entre 69 et 85 ans : entre 65 à 69 ans, elle serait de 2,4 pour 1000 alors que, après 85 ans, elle serait de 42,9 pour 1000. Cependant, la démence de type Alzheimer n'est pas une simple exagération de la sénescence. Des études montrent qu'au-delà de 85 ans, son incidence se stabilise (Ritchie & Kildea, 1995 ; Lautenschlager et al., 1996, cités par Moreaud, 2000). La DTA n'est donc pas un vieillissement "accéléré", mais l'âge est un facteur prédisposant à l'apparition de cette pathologie.

La présence d'antécédents familiaux est également un facteur de risque sans pourtant être une cause suffisante. Il faut distinguer la forme familiale de la maladie d'Alzheimer (dite "autosomique dominante") et la forme non familiale sporadique pour laquelle la présence de un ou deux allèles Epsilon 4 de l'apolipoprotéine E codé par un gène situé sur le chromosome 19 constitue un facteur de risque (Corder et al., 1993 ; Bird, 1994 ; Petersen et al., 1995). Pour illustrer ce risque nous pouvons évoquer l'étude de Petersen et al. (1995). Dans leur étude, 90 % des personnes qui présentaient un déficit mnésique isolé se matérialisant par des performances aux tests mnésiques au-dessous de la moyenne et qui étaient porteuses d'un allèle E4, développaient une démence dans les 5 ans.

La forme familiale de la maladie d'Alzheimer est particulièrement rare puisqu'elle concerne 3 cas pour 1000 selon l'étude Paquid (Dartigues, Gagnon & Michel, 1991). Cette forme de DTA est génétique, et se transmet d'une génération à l'autre selon un mode héréditaire dominant. Les recherches sur cette forme de la DTA sont particulièrement précieuses. Elles ont d'ores et déjà permis d'observer que des mutations ponctuelles sur les chromosomes 1, 14, 19 et 21 sont responsables de l'apparition de cette pathologie (pour une revue particulièrement complète, voir Selkoe, 2001).

D'autres facteurs de risques tels que le sexe féminin, les antécédents de trauma crânien, l'exposition à l'aluminium ou le faible niveau d'études a été évoqué dans plusieurs études (pour une revue, voir Ritchie, 1995). Toutefois, aucun de ces facteurs n'est à lui seul suffisant pour prédire de façon fiable la survenue de cette pathologie. A ce jour, les causes de la DTA restent donc inexpliquées. Cependant, la DTA n'est pas une *terra incognita*, la description des lésions histologiques, par exemple, semble actuellement établie.

II.2. Lésions histologiques

Les lésions histologiques observées lors de l'autopsie de cerveaux de patients présentant

une DTA sont une atrophie corticale, la présence massive de plaques séniles, une dégénérescence neurofibrillaire et une dégénérescence granulo-vacuolaire. Avant de présenter plus en détails chacun de ces éléments⁴⁸, il est important de noter qu'aucune de ces lésions n'est spécifique à la DTA puisqu'elles peuvent être également la conséquence d'un vieillissement normal. Cependant, leur intensité et leur répartition topographique sont relativement caractéristiques de la DTA. L'autopsie pratiquée par Hauw et al. (1986) sur 12 cerveaux de sujets centenaires le confirme : chez ces personnes âgées ne présentant pas de pathologie particulière, ces lésions sont quantitativement moins importantes.

L'atrophie du cortex est diffuse. Comme nous l'avons présenté dans la partie introductive de ce chapitre, elle se manifeste à la fois par une dilatation des espaces ventriculaires, et par une perte de substance blanche et grise.

Au niveau extra-cellulaire, des plaques séniles sont observables. Ces lésions sont situées dans l'espace entre les cellules. Le cœur des plaques est constitué de dépôts anormaux d'une protéine (béta-amyloïde) entourée de prolongements neuronaux en dégénérescence. Cette substance b-amyloïde est un fragment d'une protéine précurseur (APP pour "amyloid protein precursor") dont le gène est situé sur le chromosome 21. Ce précurseur a été conservé au cours de l'évolution, et jouerait un rôle dans les communications entre cellules nerveuses. Il s'agit d'une molécule qui n'a rien en elle-même de pathologique, mais c'est l'agrégation des fibrilles d'amyloïde qui constituerait le phénomène toxique.

Deux types de lésions sont repérables au niveau intracellulaire : une dégénérescence neurofibrillaire et une dégénérescence granulo-vacuolaire.

La dégénérescence neurofibrillaire se traduit par des lésions présentes dans le cytoplasme des neurones et correspond à l'accumulation de filaments pathologiques dans le corps cellulaire et le prolongement des cellules nerveuses. Ces fibrilles anormales sont des filaments de 10 nanomètres appariés en hélices (PHF pour *Paired helical filaments*). Elles sont constituées de protéines (protéines tau dont le gène se trouve sur le chromosome 17) anormalement porteuses des groupes phosphates dont la particularité biochimique provoque une perturbation grave du fonctionnement du neurone puis sa mort. La dégénérescence granulo-vacuolaire présente au niveau cytoplasmique se matérialise par de petites vacuoles claires de 4 à 5 microns de diamètre.

Ces lésions ne se répartissent pas au hasard et semblent suivre une logique propre, touchant préférentiellement les couches moyennes du cortex où s'effectuent les connexions entre les aires corticales. La topographie de ces lésions et le caractère progressif de cette pathologie que nous allons préciser dans le paragraphe suivant, ont des conséquences sur les capacités cognitives des patients.

II.3. Topographie des lésions et implications cliniques

Les lésions ne se répartissent pas au hasard dans le cerveau et s'installent progressivement, leur décours est précis et caractéristique. Ces lésions débutent tout

⁴⁸ La présentation de ces lésions histologiques reste toutefois succincte. Aussi, nous renvoyons à Selkoe (2001) qui effectue une revue récente et complète de la question.

d'abord dans les régions limbiques et paralimbiques (notamment au sein de la formation parahippocampique⁴⁹) ainsi que dans les formations grises sous-corticales, puis s'étendent aux cortex associatifs temporo-pariétaux et frontaux.

La progression de la dégénérescence neurofibrillaire illustre bien cette progression. Elle suit un chemin séquentiel et prédictible : elle débute par la région hippocampique puis progresse vers le cortex temporal puis les régions corticales associatives, et atteint finalement les régions primaires motrices et sensitives.

Certaines structures cérébrales sont, par contre, préservées. Le thalamus est, par exemple, généralement intact tout comme le champ CA3 de la formation hippocampique.

La Figure 30 présente schématiquement la localisation de ces lésions histologiques, les zones foncées indiquant une densité plus importante de ces lésions.



Figure 30 — Distribution des altérations histologiques dans la DTA (en foncé : zone où la densité des lésions est plus marquée).

L'altération physique progressive de ces structures entraîne des perturbations dans le fonctionnement cognitif des sujets. L'atteinte des structures limbiques et paralimbiques se traduit par des perturbations dans les processus mnésiques et par des troubles psycho-comportementaux (contrôle des réactions émotionnelles par exemple) et attentionnels. Puis, lorsque le processus de dégénérescence neuronale se propage vers les cortex associatifs, des aphasies, apraxies et agnosies deviennent observables. L'atteinte du cortex préfrontal entraîne de nombreux troubles des fonctions exécutives (mise en place de stratégies mentales, inhibition d'actions automatiques...).

Les manifestations cliniques de la maladie d'Alzheimer sont classiquement décrites en trois stades (phase initiale, phase d'état et phase terminale) qui sont intimement liés à la progression des lésions histologiques telles que nous venons de la décrire. Même si la succession des stades semble établie, l'évolution de la DTA reste particulièrement sensible à la variabilité interindividuelle.

La phase *initiale* peut durer plusieurs années pendant lesquelles les lésions histologiques restent confinées au cortex entorhinal. Durant cette période, des troubles mnésiques touchant des faits épisodiques personnels ou des éléments autobiographiques et culturels de plus en plus marqués surviennent. Des éléments comportementaux s'ajoutent (apathie et baisse des activités quotidiennes...) et la conscience des troubles

⁴⁹ Pour une description plus précise des structures limbiques atteintes par la DTA, nous renvoyons à la thèse de Moreaud (2000, p. 11).

par le patient s'estompe. La phase *d'état* est identifiable lorsque les troubles mnésiques dépassent l'épisodique et touchent le sémantique. Les troubles de la reconnaissance affectent les objets puis les visages, le discours reste fluide mais des imprécisions apparaissent, la compréhension (écrite et orale) est altérée. Le jugement, le raisonnement et les repères spatio-temporels sont également perturbés. L'anosognosie est massive et les troubles comportementaux s'aggravent (dépression, hallucination...). Lors de la phase *terminale*, les lésions ont atteint le néocortex, et les troubles ont un retentissement sur la vie quotidienne. Ils se traduisent par une perte progressive de l'autonomie physique et psychique. Le décès du patient résulte, le plus souvent, de complications intercurrentes à cet état global.

A défaut de pouvoir soigner de façon définitive cette pathologie, les traitements proposés aux patients visent à ralentir la progression de ces stades. Les médicaments actuellement disponibles sur le marché semblent remplir cet objectif même si tous les patients n'en tirent pas un profit équivalent (Saine et al., 2002 ; Wilkinson et al., 2002). La revue de la littérature effectuée par Wolfson et al. (2002) sur les articles publiés entre 1984 à 2001 à propos des effets des médicaments utilisés dans la DTA confirment une stabilisation des capacités cognitives des patients et ce, particulièrement dans les premiers stades de la pathologie. Aussi un des enjeux actuels est de pouvoir poser un diagnostic de plus en plus précoce pour que les patients puissent le plus rapidement possible bénéficier de ces traitements. Dans cette optique, le concept de maladie d'Alzheimer au stade pré-déméntiel (MAPD) tend à être développé (Dubois et al., 2001). Ce diagnostic pourrait être posé lorsque des performances très pauvres en rappel libre, affaiblies en rappel total, et une proportion importante d'intrusions extra-liste en rappel indicé s'accompagnant de fausses reconnaissances seraient relevées. Ces critères permettraient la détection de cette pathologie avant même que les patients atteignent les critères de démence. D'autres études doivent confirmer le degré de prédictibilité de ces troubles afin de valider sa pertinence. En l'attente de ces résultats, d'autres critères diagnostiques sont utilisés actuellement.

II.4. Critères diagnostiques

Actuellement, seul un examen post-mortem du cerveau du patient peut permettre un diagnostic certain de la maladie d'Alzheimer⁵⁰. Les critères utilisés actuellement visent donc essentiellement à établir des diagnostics différentiels mais malgré la constante amélioration de ces critères, la probabilité de porter par excès un diagnostic de maladie d'Alzheimer reste de l'ordre de 15 % (Klatka, Schiffer, Powers & Kazee, 1996).

La liste des critères permettant de diagnostiquer une DTA est référencée dans le DSM IV (APA, 1994), la CIM 10 (OMS, 1992) ou encore la NINCDS-ADRDA (McKhann et al., 1984). Pour les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse, cette dernière terminologie a été utilisée. Aussi, le Tableau 7 présente en détail ces critères qui se déclinent en 6 points.

⁵⁰ Avant cette analyse, la désignation de cette pathologie en termes de démence *de type* Alzheimer, plutôt que maladie d'Alzheimer est donc préférable.

Tableau 7 — Présentation des critères diagnostiques proposés par la NINCDS-ADRDA (McKhann et al., 1984).

		CRITERES DE LA NINCDS-ADRDA
Critères diagnostiques cliniques de la maladie d'Alzheimer probable		- Déficit dans au moins deux domaines des fonctions cognitives - Aggravation progressive de la mémoire et d'autres fonctions cognitives - Pas d'altération de la conscience - Début entre 40 et 90 ans, le plus souvent après 65 ans - Absence de cause systémique ou d'autres affections cérébrales pouvant être rendues responsables des troubles
Eléments en faveur du diagnostic de maladie d'Alzheimer probable		- Détérioration progressive des fonctions spécifiques : langage (aphasie), habiletés motrices (apraxie) et perception (agnosie). - Perturbation des activités quotidiennes et du comportement - Notion familiale de troubles similaires - Normalité des examens paracliniques : LCR normal, EEG normal ou non spécifique, atrophie cérébrale ou CT scan
Autres aspects cliniques compatibles avec le diagnostic de maladie d'Alzheimer probable		- Plateaux dans la progression de la maladie - Associations de symptômes de dépression, insomnie, incontinence, hallucinations, accès d'agitation verbale ou comportementale, troubles sexuels, perte de poids - Autres symptômes neurologiques chez certains patients, en particulier dans la phase évoluée de la maladie : hypertonie, myoclonie, troubles de la marche. - Crises comitiales tardives - CT scan normal
Aspects rendant improbable le diagnostic de maladie		- Début soudain - Signes neurologiques focaux tels que :

		CRITERES DE LA NINCDS-ADRDA
d'Alzheimer		hémiplégie, déficit sensitif, altération du champ visuel, incoordination, survenant en début d'évolution. - Crises comitiales et troubles de la marche survenant très tôt dans l'évolution de la maladie.
Diagnostic clinique de la maladie d'Alzheimer possible		- Sur la base d'un syndrome démentiel et en l'absence d'autres troubles neurologiques, psychiatriques ou systémiques suffisants pour causer la démence, lorsque le mode de début, la présentation et l'aspect évolutif sont atypiques - En présence d'une autre affection systémique ou neurologique suffisante pour causer la démence mais considérée comme n'étant pas la cause de démence, - Lorsqu'un déficit cognitif isolé et sévère s'aggrave progressivement en l'absence d'autres causes identifiables
Critères diagnostiques de maladie d'Alzheimer certaine		- Les critères de maladie d'Alzheimer probable et la preuve histopathologique obtenue par biopsie ou autopsie.

S'il existe actuellement des stratégies de prévention pour certaines démences (par exemple, pour la démence vasculaire, la correction de l'hypertension artérielle et la prévention des accidents vasculaires cérébraux sont primordiaux), il n'en existe pas de démontrées pour la DTA qui a une origine multi-factorielle. Toutefois, une de nos études (Fargier, Thomas-Antérion, Honoré-Masson, Girtanner & Gonthier, soumis) analysant notamment les antécédents médicaux de 120 patients pour lesquels un diagnostic de syndrome démentiel a été porté, montre que l'hypertension artérielle est un antécédent largement présent dans la population des 87 patients diagnostiqués DTA ou MAPD. Les conclusions issues de ce genre d'observations doivent rester prudentes. Cependant, elles reflètent la constante recherche de nouveaux critères neuropsychologiques diagnostiques.

Un autre champ d'investigation prometteur se situe dans la recherche de marqueurs diagnostiques biologiques de la DTA. Actuellement, quelques pistes émergent. L'étude princeps de Hulstaert et al. (1999) a montré que le dosage combiné des taux de bêta amyloïde et de protéine tau dans le liquide céphalorachidien était plus important chez les DTA que chez les sujets âgés sains. Les travaux réalisés en imagerie s'intéressant au volume de la formation hippocampique se développent également. Ils tendent à montrer qu'une diminution du volume de l'hippocampe précède l'apparition des troubles cognitifs chez les sujets à risques (Jack et al., 1992 ; Visser et al., 1999). Un dysfonctionnement de cette structure serait également observable chez des sujets présentant des déficits mnésiques ressemblant à ceux présent en début de DTA (Small, Perera, DelaPaz, Mayeux & Stern, 1999). Les conclusions de ces différentes études sont donc encourageantes, mais elles restent surtout des mesures de susceptibilité de présence de la DTA.

Tout comme la neurobiologie, les connaissances issues de la neuropsychologie peuvent jouer un rôle prépondérant dans l'établissement précoce d'un diagnostic de DTA, notamment en mettant au point des outils de plus en plus fins pour évaluer les effets de la DTA sur les fonctions cognitives des patients. Dans le paragraphe suivant, nous proposons une synthèse des effets de cette pathologie sur les connaissances sémantiques, objet central de notre recherche. Ce bilan nous permettra de mettre en évidence les points de divergence actuels auxquels nos études peuvent apporter des éléments de réponse.

II.5. DTA et connaissances sémantiques

Les effets progressifs de la DTA selon les trois stades évolutifs présentés dans la partie II.3 de ce chapitre décrivent une atteinte initiale des connaissances épisodiques puis des connaissances sémantiques. Cependant, les effets perturbateurs de la DTA sur ce type de connaissances sont tellement massifs que le désordre des connaissances sémantiques est considéré, dans quelques études, comme un des premiers marqueurs de cette pathologie (Martin, 1992 ; Salmon, Heindel & Lange, 1999).

Ces effets perturbateurs de la DTA sur les connaissances sémantiques sont évalués par les outils de la neuropsychologie à travers la capacité des patients à réaliser des tests standardisés de dénomination (tests DO80 ou DENO100), d'évocation lexicale (fluence verbale), de définition de concepts (items "vocabulaire" et "information" de la WAIS) et d'appariement entre les concepts (*pyramid and palm tree test*, Howard et Patterson, 1992).⁵¹ L'ensemble de ces tests met en évidence deux principaux déficits affectant les connaissances sémantiques : une difficulté de dénomination d'images et un trouble d'évocation lexicale.

II.5.1. Trouble de dénomination d'images

⁵¹ On peut noter qu'un effort est actuellement fourni par les praticiens pour homogénéiser l'utilisation de ces tests (et plus généralement, l'ensemble des tests neuropsychologiques) afin de faciliter la pratique et les transmissions de dossiers (Thomas-Antérion et al., 2002).

De nombreuses études montrent que les patients, dès le début de la DTA, éprouvent des difficultés dans l'évocation du nom à partir d'images (Huff, Corkin & Growdon, 1986 ; Shuttleworth & Huber 1988 ; Cardebat, Démonet, Puel, Nespoulous & Rascol, 1991 ; Montanes, Goldblum & Boller, 1995 ; Grossman, Robinson, Biassou, White-Devin & d'Esposito, 1998).

Cependant, la réalisation de cette tâche de dénomination est particulièrement parasitée par des variations dans les caractéristiques des images, aussi, il est possible de penser que cette tâche ne reflète pas l'état des connaissances sémantiques des patients mais témoigne de l'état du système visuel des patients. Il est vrai que, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent (Chapitre II, partie II.4.2.), les capacités de dénomination des patients sont largement influencées par le caractère coloré des dessins (Chainay & Rosenthal, 1996 ; Montanes, Goldblum & Boller, 1995...). La complexité visuelle semble également interférer dans les performances des patients DTA réalisant cette tâche (Goldstein et al., 1992 ; Montanes, Goldblum & Boller, 1995). Toutefois, les travaux de Huff et collaborateurs (Huff, Corkin & Growdon, 1986 ; Huff, Growdon & Corkin, 1992) confirment que, même si les caractéristiques perceptives influencent les performances des sujets, elles ne sont pas la seule cause du déficit de dénomination d'images. Dans leur première expérience (Huff, Corkin & Growdon, 1986), des patients DTA et leurs contrôles étaient invités à réaliser trois tâches : un test de fluence, une épreuve de discrimination de formes (comparaison entre deux polygones présentés simultanément) et un test de dénomination. A l'issue de ces tests, des performances globalement moins bonnes pour les DTA par rapport à celles de leurs sujets contrôles étaient relevées pour ces trois épreuves. Toutefois, lorsque des patients DTA étaient appariés à des sujets contrôles sur leur score obtenu au test de discrimination, les résultats des patients restaient toujours inférieurs à ceux des sujets contrôles pour le test de dénomination.

Ainsi, des erreurs dans ces tâches de dénomination refléteraient, en partie, des effets des attributs visuels des objets à dénommer, mais traduiraient également des perturbations des connaissances sémantiques.

II.5.2. Evocation lexicale

Les tests de fluence verbale sont utilisés pour évaluer des capacités d'évocation des patients. La réalisation de ces tests est simple et rapide : les sujets sont invités à donner verbalement, dans un laps de temps imposé, le maximum de mots leur venant à l'esprit. Il existe deux types de tests de fluence : les tests de fluence formelle et les tests de fluence catégorielle. Dans la fluence formelle, ces noms doivent respecter une contrainte orthographique et phonologique (commencer par une même lettre précisée au préalable par l'expérimentateur, par exemple) alors que dans la fluence catégorielle, les objets doivent appartenir à une même catégorie donnée par l'expérimentateur. Dans nos expériences⁵², le test de fluence formelle consistait en l'énumération de mots commençant par la lettre "p" pendant deux minutes et le test de fluence catégorielle nécessitait la production de noms d'animaux pendant ce même laps de temps. Ces

⁵² Pour rappel, ces tests de fluence ont été utilisés auprès des sujets jeunes et âgés.

productions verbales étaient ensuite comparées aux normes établies par Cardebat et al. (1990).

Il est classiquement rapporté que la DTA entraîne des baisses de performances dissymétriques dans les deux tests de fluences. En début de pathologie, les performances des fluences formelles seraient particulièrement préservées alors que celles obtenues avec les fluences catégorielles seraient affectées (Tröster, Salmon, MacCullough & Butters, 1989 ; Monsch et al., 1992 ; Rosser & Hodges, 1994 ; Dalla Barba, Parlato, Iavarone & Boller, 1995 ; Pasquier, Lebert, Grymonprez & Petit, 1995).

Comme nous le rappelons dans une des études à laquelle nous avons participé qui analysait les productions de 82 patients atteints de DTA et de 128 témoins, les tests de fluence sont des outils particulièrement précieux pour un dépistage précoce de la DTA (Thomas-Antérion, Honoré, Cougny, Grosmaître & Laurent, 2001).

II.5.3. Effet catégoriel spécifique

Comme nous l'avons déjà évoqué dans le chapitre précédent, plusieurs études référencées par Fung, et ses collaborateurs (Fung et al., 2001) rapportent, en début de DTA, une perturbation plus massive des connaissances relatives au domaine du vivant par rapport à celui du non vivant. A titre d'illustration, nous pouvons rapporter les résultats d'une des études conduites par Fung, Chertkow et Templeman (2000) consistant en une tâche d'association sémantique dans laquelle un premier mot est donné au sujet qui a pour consigne de choisir entre deux autres "celui qui va bien avec". Dans ces travaux, différentes catégories telles que animaux, vêtement, meubles, fruits et végétaux, outils, verbes d'action et noms abstraits sont manipulées. Les auteurs observent alors des performances globalement moins bonnes pour les 9 patients DTA que pour leurs sujets contrôles mais plus d'erreurs pour les mots abstraits et les concepts biologiques par rapport aux autres catégories.

Comme nous l'avons présenté dans le chapitre précédent (chapitre II, partie II.2.2.), la perte des informations sémantiques se matérialise d'une façon qualitativement différente selon le domaine de connaissances. Alors que la détérioration des connaissances sémantiques pour les artefacts s'effectue de manière progressive et linéaire, celle pour les animaux est irrégulière : ces connaissances semblent relativement préservées dans un premier temps puis sont brutalement affectées par la pathologie (Gonnerman et al., 1997).

Nous avons vu que cette description (même si elle n'est toutefois pas observée dans toutes les études) s'accorde avec une conception de l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire en termes de traits intercorrélés : les concepts seraient définis par un ensemble de traits et chaque catégorie serait caractérisée par un degré d'intercorrélation entre les traits et les traits fonctionnels seraient particulièrement représentatifs de la catégorie des artefacts alors que les traits visuels seraient centraux pour les animaux.

Ces différents aspects (observation de troubles plus massifs pour le domaine du vivant que pour le non vivant et description de la mémoire en termes de traits intercorrélés différemment selon la catégorie) semblent particulièrement bien s'accorder avec les

données de la neurologie concernant les zones cérébrales affectées au cours de la DTA. Selon différents auteurs (voir, par exemple, Silveri Daniele, Giustolisi & Gainotti, 1991 ; Garrard, Patterson, Watson & Hodges, 1998) les traits perceptifs seraient sous-tendus par la région temporo-lymbique alors que les traits fonctionnels seraient gérés par la région fronto-pariétale. Or, comme nous l'avons vu précédemment, la région temporo-lymbique serait affectée *avant* la région fronto-pariétale par les lésions histologiques de la DTA. Par conséquent, la pathologie affecterait dans un premier temps la région temporo-lymbique, conduisant à une perturbation des traits perceptifs et par conséquent à des déficits pour les connaissances relatives aux animaux.

Toutefois, il est important de noter que toutes les données de la littérature ne s'accordent pas unanimement autour de la manifestation catégorielle des déficits sur les connaissances sémantiques induits par la DTA. (pour une revue, voir Garrard et al., 1998) Des différences perceptives entre les catégories animal et artefact sont alors évoquées pour expliquer les résultats des expériences montrant des différences catégorielles. Nos expériences de vérification de propriétés en version imagée et en version verbale manipulant les traits fonctionnels et structuraux au sein de la même catégorie (domaine des animaux) permettront d'apporter un élément de réponse à ce débat. En effet, une détérioration différente des traits fonctionnels et structuraux appuieront les conclusions des travaux montrant un déficit spécifique au cours de la DTA. De plus, des performances différentes sur les propriétés fonctionnelles et structurales selon la version (imagée ou verbale) de l'expérience, permettra de préciser l'influence des caractéristiques visuelles des objets.

II.5.4. Influence du niveau

Indépendamment de leurs catégories d'appartenance, tous les concepts ne semblent pas identiquement sensibles à la maladie. Au cours de la DTA, une relative préservation des informations générales est en effet rapportée alors que les informations plus spécifiques semblent plus rapidement touchées (Huff, Corkin & Growdon, 1986 ; Martin, 1992 ; Sailor, Bramwell & Griesing, 1998). Cependant, toutes les études ne vont pas dans ce sens (Bayles, Tomoeda & Trosset, 1990).

Dans les tâches de fluence catégorielle que nous venons de présenter, l'analyse des productions verbales effectuées par le sujet montre que les patients ont tendance à dénommer des catégories plutôt que des items spécifiques qui les composent. Lorsque les patients doivent, par exemple, donner la liste de ce qu'il est possible d'acheter dans un supermarché, les observations de différentes équipes s'accordent : les patients DTA produisent, de manière plus significative que les sujets contrôles, des termes de catégories (légumes, fruits) plutôt que des items spécifiques (tomates...) (Martin & Fedio, 1983 ; Tröster et al., 1989). Des épreuves de vérifications de propriétés réalisées par Smith, Faust, Beeman, Kennedy et Perry (1995) ou bien encore celle de Sailor, Bramwell et Griesing (1998) corroborent ces observations. Dans ce type d'épreuves, les sujets sont invités à vérifier des associations entre un nom d'objet et un attribut, ce dernier étant plus ou moins général par rapport à l'objet. Les auteurs observent alors que les connaissances générales sont mieux conservées que les connaissances spécifiques.

Ces différents travaux suggèrent donc que les connaissances sémantiques seraient perturbées différemment selon leur niveau de généralité. Toutefois, les travaux de Bayles, Tomoeda et Trosset (1990) permettent de relativiser ces observations et montrent toute l'importance des épreuves utilisées pour parvenir à ces conclusions. Ces auteurs montrent que, pour des patients DTA, il est plus difficile de dénommer un objet que de déterminer son appartenance catégorielle lorsqu'un choix multiple est proposé mais que la dénomination d'un objet est plus facile que la dénomination spontanée de la catégorie à laquelle il appartient. Selon ces travaux, les déficits de dénominations seraient de plus en plus massifs selon le degré de sévérité de la pathologie.

Les données de la littérature vont donc plutôt dans le sens d'une dégradation plus rapide des éléments spécifiques rattachés à un concept plutôt que de ses aspects généraux. Toutefois, les travaux qui mènent à ces conclusions sont très hétérogènes et ne présentent pas, à notre avis, une rigueur méthodologique suffisante pour garantir ces conclusions. Par exemple, la notion du niveau varie d'une expérience à l'autre (alors que des expériences opposent des concepts tels que "animal" et "chien", d'autres expériences manipulent des oppositions plus fines telles que "chien" et "berger allemand").

Aussi, nous pensons que les passations par des patients DTA des épreuves de vérification de propriétés que nous avons proposées aux jeunes adultes seront particulièrement informatives. Elles nous donneront la possibilité de vérifier les assertions issues des travaux précédents tout en apportant un contrôle méthodologique strict. Le suivi longitudinal réalisé pendant 18 mois des mêmes groupes de sujets permettra d'observer la progression de la pathologie selon les deux niveaux de stockage que nous manipulons : le niveau d'entrée et le niveau supra-ordonné.

Un autre objectif de notre travail est d'apporter un élément de réponse à une question sous-jacente. Est-ce que ces difficultés que nous avons décrites reflètent un problème d'accès à ces connaissances ou bien un déficit du stock de ces informations ?

II.5.5. Perte du stock versus difficulté d'accès

Il n'existe actuellement pas de consensus pour expliquer la cause de ces troubles sémantiques. Pour certains, ils résulteraient d'une perte progressive du stock de connaissances conceptuelles contenues en mémoire sémantique (Chertkow, Bub & Caplan, 1992 ; Bayles, Tomoeda & Trosset, 1990 ; Hodges, Salmon & Butters, 1992 ; Martin, 1992 ; Hodges & Patterson, 1995 ; Hodges, Patterson, Graham & Dawson, 1996). Pour d'autres, les troubles de la mémoire sémantique refléteraient un problème d'accès à ces connaissances parfois relié à un déficit attentionnel (Balota & Duchek, 1991 ; Ober & Shenaut, 1988 ; Ober, Shenaut, Jagust & Stillman, 1991 ; West, 1999).

Pour argumenter ces hypothèses, les premiers s'appuient sur la constance des erreurs à travers les tâches. Les travaux de Chertkow, Bub et Seidenberg (1989) montrent par exemple qu'il existe une corrélation forte entre les performances des patients dans les tâches de dénomination et d'appariement et que les erreurs entre ces deux tâches concernent à 83 % les mêmes objets. A l'opposé, les auteurs défendant un accès difficile au stock s'appuient sur le fait qu'une modalité particulière peut permettre la récupération d'informations qui pourtant ne semblaient plus récupérables par une autre modalité.

Il est en fait très difficile de trancher entre ces deux hypothèses d'autant plus que face à certains faits, ces deux conceptions aboutissent à des conclusions divergentes. Le cas de l'hyperamorçage relevé de façon quasi-consensuelle chez les patients DTA (Nebes, Martin & Horn, 1984 ; Nebes, Brady & Huff, 1989 ; Albert & Milberg, 1989 ; Balota & Duchek, 1991 ; Hartman, 1991 ; Ober et al. 1991 ; Chertkow et al. 1994 ; Margolin, Pate & Friedrich, 1996 ; Giffard et al., 2001 ; Giffard et al., 2002) illustre particulièrement cet aspect.

Pour les partisans de la dégradation du réseau sémantique, l'hyperamorçage s'explique par le fait que l'amorce proposée correspond à une représentation très vague qui activerait alors un grand nombre de formes lexicales (Martin, 1992). L'observation de Chertkow et al. (1994), qui montre que ce sont les items les plus dégradés sémantiquement qui donnent lieu à de meilleurs amorçages, semble s'accorder avec cette hypothèse. Cependant, il paraît assez difficile de concevoir qu'une connaissance qui est dégradée puisse produire un quelconque amorçage. Pour les auteurs défendant une difficulté d'accès à l'information sémantique, la présence conjointe de capacités préservées dans les épreuves d'amorçage et de performances déficitaires dans d'autres types d'épreuves (dénomination par exemple) témoignent de déficits attentionnels, susceptibles d'avoir des impacts différents dans ces types de tâches.

Nous pensons que les expériences de vérifications de propriétés que nous avons élaborées sont susceptibles d'apporter des éléments de réponse à cette question de détérioration versus difficultés d'accès aux connaissances sémantiques. Nous pensons en effet que l'analyse conjointe des temps de réponse (qui étaient très peu, voire jamais, pris en compte dans les études précédemment citées) et des taux d'erreurs peut éclairer ce débat. La présence simultanée d'une augmentation significative des temps de réponse entre les populations DTA et contrôles, et d'un taux d'erreurs équivalent pour ces deux groupes traduirait une recherche plus difficile des informations en mémoire mais permettant toutefois la récupération correcte des informations. De plus, l'analyse plus précise des temps de réponses divergents par rapport à la moyenne (temps déviants) selon qu'ils sont liés à une réponse correcte ou erronée pourra également apporter des éléments de réponse. Enfin, il est tout à fait possible que ces deux hypothèses s'avèrent correctes au cours de la DTA : l'accès serait d'abord plus difficile puis les connaissances seraient détruites. Le suivi longitudinal effectué sur les groupes de patients permettra de répondre à cette question.

III. SYNTHÈSE ET PROBLÉMATIQUE

Comme nous l'avons vu au cours de cette partie théorique, la DTA apparaît comme une pathologie particulièrement intéressante pour l'étude des connaissances sémantiques. La compréhension de ces phénomènes est importante d'un point de vue théorique, mais aussi d'un point de vue plus clinique car mieux comprendre les effets de la DTA sur les capacités mnésiques des patients peut contribuer à l'établissement d'un diagnostic plus précoce.

Au cours de la partie expérimentale, nous proposons 3 séries d'expériences correspondant aux réplifications de celles proposées aux sujets adultes jeunes. Les

variables que nous avons strictement contrôlées et que nous manipulons dans nos tâches de vérifications de propriétés (niveau, nature des propriétés, modalité de présentation des stimuli...) peuvent apporter des éléments nouveaux aux travaux existants sur cette pathologie. Précisons que, pour ne pas confondre des effets dus à la pathologie et des effets inhérents au vieillissement normal, nous avons également proposé ces expériences à des sujets âgés, appariés aux patients DTA selon l'âge, le sexe et le niveau culturel.

- **Les hypothèses théoriques testées dans nos 3 séries d'expériences sont les suivantes :**
- 1/ L'organisation des connaissances sémantiques, telle que nous l'avons décrite, est globalement identique chez les sujets jeunes et les sujets âgés (atteints de DTA débutante ou non). Puis, au cours de la progression de la pathologie, cette organisation est perturbée.
- 2/ Cette perturbation s'exprime différemment selon le niveau d'abstraction des propriétés impliquées (entrée versus supra-ordonné) et selon leur nature fonctionnelle ou structurale.
- 3/ Les difficultés des patients dans les tâches sémantiques ne s'expliquent pas seulement par une destruction massive des connaissances. Elle repose plutôt à la fois sur une difficulté d'accès à l'information et sur une perte progressive du stock de connaissances.
- 4/ La modalité d'accès à l'information (verbale ou imagée) a une influence sur les performances des sujets âgés (DTA et sujets contrôles).

PARTIE EXPERIMENTALE

I. Expérience 9 : Vérification de propriétés à partir d'un dessin

Cette Expérience 9 est la réplique de l'Expérience 4 (version imagée). Nous l'avons proposée à un groupe de patients atteints d'une DTA débutante et à leurs sujets contrôles (appariés en âge, sexe et niveau culturel avec les patients).

Le but de cette expérience est de mettre en évidence une relative préservation de l'organisation des connaissances des attributs des objets en mémoire, telle que nous l'avons décrite pour les sujets adultes jeunes, au cours du vieillissement normal et au début du vieillissement pathologique. Nous attendons donc un effet du niveau sur les réponses des sujets âgés, qui se manifestera par des vérifications plus rapides et plus correctes des informations récupérables au niveau d'entrée plutôt qu'au niveau supra-ordonné. Nous pensons également pouvoir constater un effet de la nature des propriétés (fonctionnelle ou structurale) différent pour chacun des niveaux. Enfin,

rappelons que ce mode de présentation imagé favorisait chez les sujets adultes jeunes, le traitement des informations structurales en raison de la mise en oeuvre d'une stratégie basée probablement sur l'imagerie mentale visuelle. Le maintien de cet avantage chez les personnes âgées (patients et contrôles) traduirait alors une capacité d'imagerie mentale préservée malgré le vieillissement et la pathologie.

I.1. Méthode

I.1.1. Sujets

Cette expérience a été proposée à 13 patients (7 femmes, 6 hommes) atteints d'un début de Démence de Type Alzheimer décrit selon les critères de la NINCDS-ADRDA (McKhann et al., 1984) et à 13 sujets âgés contrôles.

Concernant les patients, aucun ne présentait d'antécédent de traumatisme crânien grave, d'intervention neurochirurgicale, d'affection inflammatoire ou infectieuse du système nerveux central, d'éthylisme ou de pathologie psychiatrique. Pour chacun d'entre eux, un bilan neuropsychologique explorant les fonctions mnésiques (test de Grober et Buschke), langagières (DO80, fluences), visuo-spatiales et praxiques (cubes de la WAIS III, figure de Rey), exécutives (stroop test, trail making test) a été réalisé⁵³. Le Tableau 8 présente les résultats obtenus à certains de ces tests par les patients

Tableau 8 — Résultats moyens obtenus aux différents tests neuropsychologiques réalisés par les 13 patients DTA débutants pour l'Expérience 9.

	Résultats des DTA		
	M		MSD
MMS*	24,75		1,66
DO 80**	77,18		1,66
Fluence catégorielle (2 min sur "animaux")	19,08		4,6
Fluence formelle (2 min. sur "p")	11,75		4,14
* <i>Mental Status Examination (Folstein, Folstein & McHugh, 1975)</i> ** <i>Metz-Lutz et al. (1991)</i>			

L'âge moyen des patients était de 76,6 ans (MSD = 3,71 ans). Cinq patients possédaient un niveau inférieur au certificat d'étude, 5 patients avaient un niveau compris entre le certificat d'étude et le baccalauréat et enfin 3 patients avaient suivi des études supérieures.

Chaque patient a été apparié à un sujet contrôle comparable en âge, niveau socioculturel et sexe. L'âge moyen des sujets âgés contrôles était de 78,1 ans (MSD = 4,6

⁵³ Ces évaluations ont été effectuées au sein du Service de Neurologie de l'Hôpital Bellevue de Saint Etienne. Elles ont été précédées d'entretiens personnels et familiaux qui sont, selon nous, particulièrement précieux pour d'évaluer non seulement la plainte mnésique, mais aussi pour connaître comment le patient et sa famille "vivent" la maladie. Cet entretien apporte une dimension humaine fondamentale que nous tenions particulièrement à souligner.

ans). Afin de déceler d'éventuelles perturbations des connaissances sémantiques chez ces sujets contrôles, nous avons réalisé auprès de chacun deux tests d'évocation lexicale sémantique identiques à ceux réalisés par les sujets jeunes et les patients. Leurs performances pour la fluence formelle ($M = 19,2$ mots ; $MSD = 5,7$ mots) et pour la fluence catégorielle ($M = 25,6$ mots ; $MSD = 5$ mots) sont conformes aux données de références proposées par Cardebat et al. (1990) pour des sujets de cet âge. Concernant leur niveau scolaire, ce dernier était identique à celui des patients.

Les analyses statistiques (test t) révèlent que les patients DTA et leurs contrôles sont correctement appariés. Ils sont en effet comparables au niveau de l'âge ($p > .05$) mais présentent des résultats significativement différents pour les tests d'évocation lexicale. Les performances des patients sont en effet moins bonnes que celles des contrôles, à la fois pour la fluence formelle ($p < .01$) et pour la fluence catégorielle ($p < .01$).

Les passations des patients se sont déroulées dans un bureau au sein du Service de Neurologie de l'Hôpital Bellevue de Saint Etienne. Les passations des personnes âgées contrôles ont eu lieu à leur domicile (maison de retraite de l'agglomération lyonnaise ou domicile privé). Toutes ces passations ont obtenu le consentement préalable des personnes testées ainsi que celui des directeurs d'établissements.

I.1.2. Stimuli

Les stimuli pour cette Expérience 9 sont identiques à ceux utilisés dans l'Expérience 4 (version imagée) réalisée auprès des sujets adultes jeunes.

I.1.3. Matériel

Pour les patients, les stimuli apparaissaient sur l'écran d'un ordinateur de type Macintosh G4. Pour les sujets âgés contrôles, les stimuli apparaissaient sur l'écran d'un ordinateur portable Macintosh de type I-Book. Dans ces deux cas, l'expérience était construite et pilotée par le logiciel Psyscope 1.2.1 (Cohen et al., 1993).

I.2. Procédure

La procédure pour cette Expérience 9 est identique à celle de l'Expérience 4 (version imagée) réalisée auprès des sujets adultes jeunes. La tâche était parfaitement adaptée à la population âgée, personne n'a souhaité interrompre l'expérience en cours. Nous pouvons noter que tous les patients ont également été en mesure de réaliser entièrement la tâche. La passation de l'expérience durait une trentaine de minutes.

I.3. Résultats et discussion

Pour chacun des groupes de sujets (patients et personnes âgées contrôles), nous avons réalisé deux analyses de variance à mesures répétées (Anova)⁵⁴ sur les temps de

⁵⁴ Les tableaux généraux des analyses Anova réalisées pour l'Expérience 9, pour les patients DTA et pour les sujets âgés contrôles, sont consultables en page 45 et 46 des Annexes. Pour plus de lisibilité, nous ne présentons pas les résultats des analyses pour les items (F2).

réponse et sur les taux d'erreurs. Ces analyses comportaient deux facteurs intra-individuels : Niveau (Entrée ou Supra-ordonné) et Nature (Fonctionnelle ou Structurale).

Pour réaliser les comparaisons des performances entre les deux populations âgées (patients DTA et sujets contrôles), la forte différence de variances observée interdisait l'utilisation du test t, employé pour les sujets jeunes. Aussi, nous avons utilisé le test non paramétrique de Mann Whitney (U). Ce test statistique correspond à la version non paramétrique du test t. Il peut être appliqué à la comparaison de mesures indépendantes et n'est pas affecté par la présence de valeurs éloignées pour les deux groupes comparés.

La moyenne des temps de réponse pour les patients est de 3176 ms (MSD = 1763 ms) et s'accompagne d'un taux d'erreurs de 10.5 %. Les sujets âgés contrôles présentent une moyenne de temps de réponse de 2884 ms (MSD = 1319 ms) et un taux d'erreurs de 8.65 %. Les comparaisons indiquent que les temps de réponse et les taux d'erreurs sont statistiquement équivalents pour les deux groupes ($U = 59$, $p > .05$ pour les temps de réponse et $U = 61$, $p > .05$ pour les taux d'erreurs). La pathologie n'induit donc pas d'augmentation des temps de réponse ni des taux d'erreurs dans cette épreuve. Toutefois, une analyse plus fine des temps de réponse montre que les patients DTA produisent plus de temps déviants⁵⁵ que les sujets âgés contrôles (respectivement 9.6 % de temps déviants sur l'ensemble des réponses pour les patients et 4.5 % pour les sujets contrôles, $U = 34$, $p < .01$). Ces temps déviants conduisent le plus souvent les patients vers la réponse correcte plutôt que vers une réponse erronée ($F(1, 24) = 17.7$, $p < .01$). Ces temps déviants sont donc davantage le reflet d'une hésitation des patients que celui de la perte d'une connaissance.

Ainsi, ces premiers résultats montrent que, d'une façon générale, l'intégrité du stock des connaissances sémantiques est préservée en début de pathologie, mais que les patients éprouvent une certaine difficulté pour accéder aux informations sémantiques contenues en mémoire : ils ont en effet besoin de plus de temps que les sujets contrôles pour récupérer l'information.

Concernant l'effet du niveau, celui-ci est significatif sur les temps de réponse à la fois pour les patients, $F(1, 12) = 27.249$, $p < .01$ et pour les sujets contrôles âgés, $F(1, 12) = 18.865$, $p < .01$. Pour ces deux groupes, les informations récupérables au niveau d'entrée sont plus rapidement traitées que celles qui le sont au niveau supra-ordonné. Cet effet du niveau ne se retrouve cependant pas pour les taux d'erreurs que ce soit chez les patients, $F(1, 12) = 1.047$, $p > .05$, ou chez les sujets âgés contrôles, $F(1, 12) = 0.452$, $p > .05$. Cette configuration des résultats est conforme à celle obtenue auprès de la population des jeunes adultes (Expérience 4). Aussi, nous permettent-ils de conclure que, pour ces trois populations, le rythme de récupération des connaissances sur des propriétés diffère selon le niveau auquel elles sont pertinentes. Le vieillissement, tout comme la pathologie, n'affecterait donc pas significativement cette différence de traitement ; ceci suggère alors une relative préservation de l'organisation des connaissances sémantiques au cours du vieillissement normal et au début de la DTA.

⁵⁵ Pour rappel, les temps déviants correspondent à des temps supérieurs à la moyenne plus deux écarts-types

La nature de l'attribut (fonctionnelle ou structurale) a un également un effet sur les temps de réponse pour les sujets contrôles, $F(1, 12) = 9.070$, $p < .05$. Pour les personnes âgées contrôles, comme cela était déjà le cas pour les sujets jeunes, les réponses sont globalement plus rapides pour traiter les informations structurales que pour traiter les informations fonctionnelles. Pour les patients, nous observons seulement une tendance en ce sens, $F(1, 12) = 3.95$, $p = .07$.

Pour les sujets adultes jeunes, nous avons interprété cette facilitation du traitement des attributs structuraux comme le résultat de la mise en oeuvre d'une stratégie basée sur l'imagerie mentale visuelle. Cette facilitation, relevée les sujets âgés contrôles laisse donc penser que, eux aussi, auraient utilisé une telle stratégie. Or, les travaux rapportant les effets du vieillissement sur les capacités de génération d'images mentales montrent que les personnes âgées éprouvent des difficultés par rapport aux sujets jeunes pour cette opération (Craik & Dirkx, 1992 ; Bruyer & Scailquin, 2000). Cependant, d'autres travaux mettent en évidence que *toutes* les composantes du processus d'imagerie mentale visuelle ne sont pas affectées identiquement par le vieillissement. Dror et Kosslyn (1994) puis Brown, Kosslyn et Dror (1998) démontrent en effet que les opérations d'imagerie permettant *d'ajouter des éléments* à une image mentale et celles permettant de *scanner* cette image sont préservées chez les personnes âgées. Or, ces deux opérations sont justement celles requises dans notre expérience. La génération d'images n'est en effet pas nécessaire dans cette expérience, puisque le mode de présentation imagé du stimulus se substitue à cette étape. Le sujet n'aurait alors plus qu'à compléter l'image mentale du dessin présenté avec une connaissance sur une partie de cet objet (externe ou interne) puis à scanner le résultat pour voir s'il est en accord avec ses connaissances contenues en mémoire.

Pour les patients, l'effet global de la nature indique seulement une tendance. Aussi, il est possible que la pathologie commence à rendre moins efficace cette stratégie pour le traitement des informations structurales (ou à rendre sa mise en place difficile), ce qui provoquerait la diminution de l'effet de la nature. Le suivi longitudinal que nous avons réalisé pendant 18 mois auprès de ces patients nous permettra d'observer si ces capacités de complément et de scanning se maintiennent tout de même avec la pathologie ou si elles disparaissent définitivement avec la progression de la pathologie. La perte définitive de ces capacités se traduirait par une disparition du traitement privilégié des informations structurales que l'on pourrait observer (1) à travers l'effet global de la nature de l'information (il serait alors non significatif) et (2) à travers les analyses issues des interactions soulignant des effets différents du niveau selon la nature de l'information (rappelons que l'utilisation de la stratégie d'imagerie mentale visuelle chez les sujets adultes jeunes favorisait la récupération des informations structurales –plutôt que fonctionnelles- au point de gommer l'effet de niveau pour ces informations : les informations structurales de niveau d'entrée étaient aussi rapidement traitées que celles du niveau supra-ordonné).

Concernant l'interaction Niveau*Nature, celle-ci est significative pour les patients DTA sur les temps de réponse $F(1, 12) = 14.223$, $p < .01$. Bien que celle-ci soit globalement non significative chez les sujets âgés contrôles pour les temps de réponse $F(1,12) = 1.574$, $p > .05$, la configuration des résultats selon les différentes conditions

expérimentales reste la même pour les deux groupes. La Figure 31 présente ces interactions pour les temps de réponse, chez les patients (à gauche) et chez les sujets âgés contrôles (à droite).

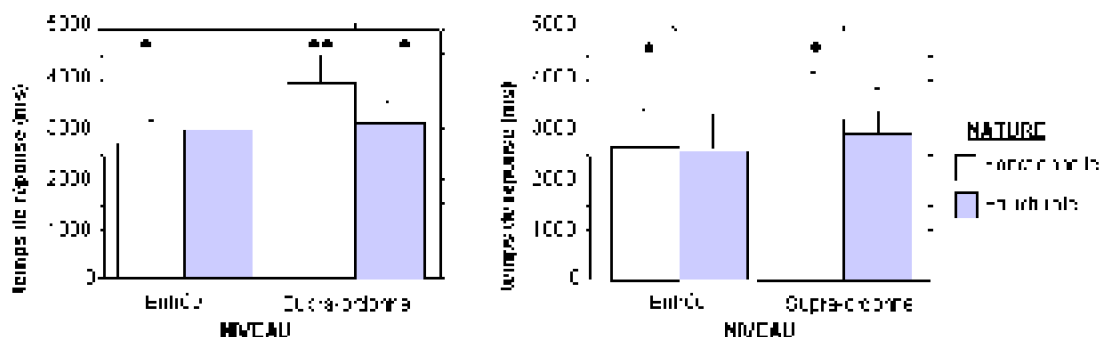


Figure 31 — Interaction Niveau*Nature pour l'Expérience 9 (temps de réponse) chez les patients (à gauche) et chez les sujets âgés contrôles (à droite). Les liens entre deux conditions indiquent une comparaison de moyennes significative à $p < .05$

Si l'on considère les effets du niveau de stockage de l'information selon la nature des propriétés, on relève pour les patients (comme pour les sujets contrôles) un effet du niveau sur les informations fonctionnelles. Les informations fonctionnelles sont en effet plus rapidement traitées au niveau d'entrée qu'au niveau supra-ordonné (pour les patients, $F(1, 12) = 37.376$, $p < .01$ et pour les sujets contrôles $F(1, 12) = 14.838$, $p < .01$). Par contre, pour les informations structurales, l'effet du niveau disparaît : les informations structurales sont traitées aussi rapidement au niveau d'entrée qu'au niveau supra-ordonné (pour les patients $F(1, 12) = 0.647$, $p > .05$, et pour les sujets contrôles, $F(1, 12) = 1.574$, $p > .05$).

Si l'on considère les effets de la nature de l'information selon les niveaux de stockage, les analyses de contrastes révèlent qu'au niveau supra-ordonné, les patients traitent plus rapidement les informations structurales plutôt que fonctionnelles, $F(1, 12) = 16.533$, $p < .01$ (à titre indicatif⁵⁶, pour les contrôles âgés une tendance est relevée : $F(1, 12) = 3.421$, $p = .07$). Par contre, pour le niveau d'entrée, les informations donnent lieu à des temps de réponses statistiquement non différents pour chacun des groupes.

Prise dans son ensemble, la comparaison entre les performances obtenues par les sujets jeunes, les personnes âgées contrôles et les patients DTA, nous informe de la relative préservation des connaissances sémantiques en mémoire au cours du vieillissement normal et du vieillissement pathologique. La Figure 31, présentant les résultats pour chacun de ces groupes, permet en effet de constater une configuration de résultats identique pour les trois populations.

⁵⁶ Bien que l'interaction Niveau*Nature ne soit pas significative pour les sujets contrôles, nous nous sommes autorisés à effectuer les analyses de contrastes en raison de nos hypothèses et de l'aspect général des graphiques présentant une allure semblable pour les deux populations.

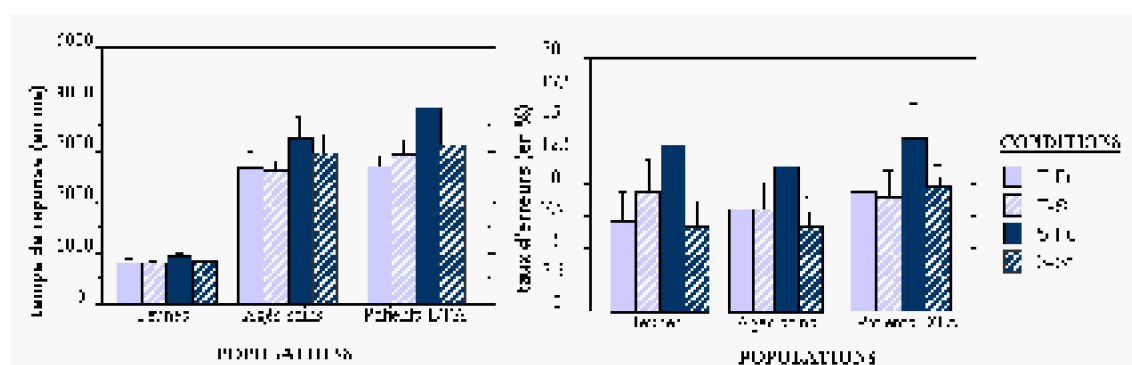


Figure 32 — Présentation des performances (temps de réponse et taux d'erreurs) pour le groupe des adultes jeunes, des personnes âgées contrôles et des patients atteints de début de DTA (Expérience 9). E = Entrée, S = Supra-ordonné, Fo = Fonctionnel, St = Structural.

Toutefois, le vieillissement affecte la rapidité des sujets. On constate en effet que les sujets jeunes répondent plus rapidement que les sujets âgés contrôles ($U = 2$, $p < .01$). Cette augmentation des temps de réponse ne s'accompagne cependant pas d'une hausse des taux d'erreurs ($U = 73$, $p > .05$). Rappelons que les performances des patients, à la fois pour les temps de réponse et les taux d'erreurs sont statistiquement les mêmes que celles observées chez leurs contrôles. Le ralentissement général observé est donc inhérent au vieillissement et non à la pathologie.

A l'issue de cette expérience en version imagée, il serait hâtif de conclure que la pathologie n'affecte pas le traitement des connaissances sémantiques. La proportion plus importante de temps déviants donnant lieu à une réponse positive pour le groupe de patients par rapport au groupe de personnes âgées contrôles en témoigne par exemple. De même, concernant la capacité à utiliser efficacement une stratégie basée sur l'imagerie mentale visuelle, les résultats des patients et de leurs sujets contrôles ne sont pas totalement superposables. Pour les sujets contrôles, et comme cela était déjà le cas pour les sujets adultes jeunes, deux éléments permettent de suggérer l'utilisation efficace d'un tel processus facilitant le traitement des informations structurales : (1) un effet significatif de la nature (les informations structurales sont plus rapidement vérifiées que les informations fonctionnelles) et (2) une disparition de l'effet du niveau seulement pour les informations structurales (ces informations sont alors tout aussi rapidement vérifiées au niveau d'entrée qu'au niveau supra-ordonné). Or, pour les patients en début de DTA, on observe bien une absence d'effet du niveau sur les structurales (alors que le niveau a un effet significatif sur les fonctionnelles) ; mais la facilitation globale pour les structurales est seulement une tendance. Un seul des deux critères pour l'utilisation de la stratégie d'imagerie est donc présent chez les patients. Aussi, il semblerait que la pathologie affecte quelque peu cette stratégie basée sur l'imagerie mentale visuelle.

Le suivi longitudinal que nous avons réalisé pendant 18 mois auprès de ces patients nous permettra peut-être de confirmer ces observations et éventuellement de relever d'autres manifestations de la pathologie.

1.4. Suivi longitudinal du groupe de DTA - Expérience 9 (version imagée)

I.4.1. Sujets

Ces 13 patients présentant un début de DTA ont été suivis pendant 18 mois. Les sujets étaient revus tous les 6 mois. Au cours de ce suivi longitudinal, nous avons enregistré une perte expérimentale de 4 sujets (2 décès non imputables à la pathologie et 2 patients ne se faisant plus suivre dans cet établissement hospitalier). Ainsi, sur les 13 patients DTA débutants initialement testés, 11 ont réalisé la deuxième passation, puis, parmi ces 11 sujets, 10 ont pu être re-testés lors de la troisième évaluation et enfin 9 de ces patients ont réalisé la dernière passation. On peut noter qu'une cinquième passation a été effectuée auprès de ces patients. Cependant, seulement 5 patients ont pu être testés. Aussi, nous avons choisi de ne pas inclure cette passation dans l'analyse longitudinale. Durant toute la durée du suivi, ce groupe de patients bénéficiait d'un traitement médicamenteux identique (Aricept).

Lors de chacune de leurs venues, ces patients étaient soumis à la même batterie de tests neuropsychologiques que celle présentée précédemment, celle-ci permettant d'apprécier l'effet de la progression de la maladie sur l'ensemble de leur niveau cognitif. Le Tableau 9 présente les performances obtenues par le groupe de patients DTA lors de la première passation et lors de la quatrième passation, soit un an et demi plus tard.

Tableau 9 — Résultats moyens aux différents tests neuropsychologiques à la première et à la quatrième passation. Expérience 9.

	1ère passation N=13				4ème passation N=9			différence
	M		MSD		M		MSD	valeur du p
MMS*	24,75		1,66		22		2,3	0078
DO 80**	77,18		1,66		74,4		1,7	0625
Fluence catégorielle	19,08		4,6		14,6		4,4	0078
Fluence formelle	11,75		4,4		8,9		3,6	0391
* Mental Status Examination : Folstein, Folstein et McHugh (1975) ** Metz-Lutz et al. (1991)								

Nous pouvons d'ores et déjà constater que la progression de la maladie a une répercussion sur tous les tests neuropsychologiques, hormis sur le test de dénomination d'images (DO 80). Nous pouvons évoquer une étude comparant les performances à ce test de dénomination et à un autre test de dénomination orale (DENO 100) chez deux groupes de patients atteints de DTA présentant le même stade d'évolution de la maladie : elle avait déjà souligné le manque de sensibilité du DO 80 (Kremin et al., 1999). En effet, dans cette étude, les patients atteignaient un "palier de performances" proche des 100 % au test du DO 80 et ne pouvaient pas, en conséquence, se différencier d'une population âgée témoin (effet "plafond"). Par contre, la passation du DENO 100 laissait observer des performances significativement moins bonnes pour les patients que pour les sujets contrôles. Les auteurs ont d'ailleurs rapporté des différences de performances pouvant

atteindre 32 % entre ces deux tests.

Les résultats à ces tests neuropsychologiques nous permettent donc de constater que les performances des sujets ont significativement été altérées avec la progression de la pathologie.

I.4.2. Matériel et procédure

Le suivi longitudinal a consisté à répéter la même expérience tous les 6 mois. Afin de réduire les effets d'apprentissage, fussent-ils implicites, nous avons pris soin d'alterner les listes que nous proposons pour chacun des sujets à chaque passation. Rappelons que lors de l'élaboration de l'expérience, nous avons pris soin de constituer deux listes différentes d'après le principe suivant : une image associée à un attribut récupérable à un niveau d'entrée dans la liste A était associée dans la liste B à un attribut récupérable au niveau supra-ordonné et vice-versa. Ainsi, un sujet soumis à la liste A lors de la première passation se voyait proposer la liste B lors de la deuxième passation puis la liste A lors de la troisième passation et ainsi de suite. Lors de chaque nouvelle passation, la consigne était répétée au sujet. Malgré la progression de la maladie, nous avons constaté que tous les patients ont été en mesure de réaliser entièrement la tâche. La passation de l'expérience durait une trentaine de minutes.

Toutes les passations ont été réalisées avec le même ordinateur (Macintosh G4), dans un bureau du Service de Neurologie de l'Hôpital Bellevue de Saint Etienne.

I.4.3. Résultats et discussion

I.4.3.1. Analyses globales

Les analyses des données du suivi longitudinal ont été conduites avec le test statistique des signes sur séries appariées (ou test des signes bivariés), permettant de comparer des performances obtenues par un même groupe lors de deux passations différentes, la taille des groupes pouvant être différente entre ces passations. La Figure 33 présente les courbes de performances des patients au cours du suivi longitudinal pour chacune des conditions expérimentales.

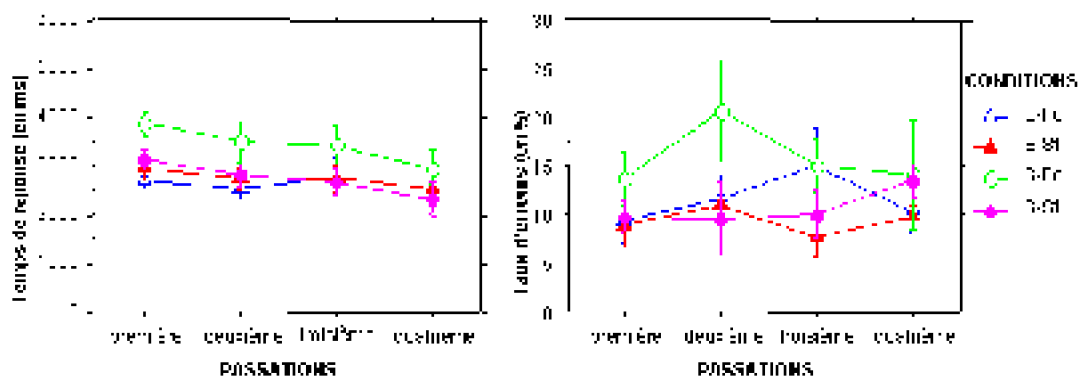


Figure 33 — Performances des patients DTA au cours du suivi pour les temps de réponse

(à gauche) et pour les taux d'erreurs (à droite) pour l'Expérience 9 (version dessin). (E = Entrée, S = Supra-ordonné, Fo = Fonctionnel, St = Structural).

Concernant les taux d'erreurs, les analyses révèlent leur stabilité au cours du suivi longitudinal ($p > .05$), pour toutes les conditions expérimentales. Nous pouvons noter que l'augmentation du taux d'erreurs entre la première et la deuxième passation pour la condition où il s'agit de vérifier des phrases supra-ordonnées fonctionnelles ($S-Fo$) est le fait d'un seul sujet, qui se traduit sur le graphique par un écart-type conséquent sans que la différence entre les deux premières passations soit significative pour cette condition, $p > .05$.

Concernant les temps de réponse, la progression de la pathologie a un effet différent selon le niveau auquel l'attribut peut être pertinent. Pour le niveau d'entrée, les temps de réponse sont stables entre les 4 passations et ce, quelle que soit la nature de l'information (pour les informations d'entrée fonctionnelles : $p > .05$, et pour les informations d'entrée structurales : $p > .05$). Par contre, pour le niveau supra-ordonné, les temps de réponse diminuent progressivement au cours des passations. Pour les informations supra-ordonnées fonctionnelles, les réponses des patients sont significativement plus rapides dès la troisième passation (différence entre la première et la troisième passation : $p < .05$) et cette amélioration se confirme lors de la quatrième passation ($p < .01$). Pour les informations supra-ordonnées structurales, l'amélioration des temps de réponse apparaît plus tardivement, seulement lors de la quatrième passation (différence entre la première et la quatrième passation : $p < .05$).

La diminution progressive des temps de réponse pour les connaissances de niveau supra-ordonné reste difficile à interpréter. Elle ne peut pas être imputable à un apprentissage de la tâche car elle ne concerne que les temps de réponse des propriétés de niveau supra-ordonné et ne peut pas non plus être le fait de la prise du médicament, l'amélioration aurait alors été globale pour toutes les conditions. Dans le cas où ce phénomène se vérifierait lors du suivi longitudinal des patients dans l'Expérience 10, dans laquelle le matériel est strictement verbal (réplication de l'Expérience 6 proposée aux adultes), nous pourrions postuler l'existence d'un traitement particulier de ce type d'items.

Le suivi longitudinal effectué auprès des patients permet de suggérer, d'une façon globale, un maintien général des performances au cours des 18 premiers mois de la maladie. Toutefois, les analyses réalisées à l'issue de chacune des passations apportent des éléments supplémentaires

I.4.3.2. Analyses à l'issue de chacune des passations

Pour chacune des passations, une analyse de variances à mesures répétées (Anova) a été réalisée sur les temps de réponse et les taux d'erreurs⁵⁷. Ces analyses portent sur deux facteurs intra-individuels : Niveau (Entrée ou Supra-ordonné) et Nature (Fonctionnelle ou Structurale). Elles permettront de présenter, pour chacun des facteurs, l'effet de l'évolution de la pathologie.

Concernant l'effet du niveau, lors de la première passation nous observons que les

⁵⁷ Les tableaux généraux des Anova pour chacune des passations sont consultables en Annexes (page 47 à 49).

sujets vérifiaient plus rapidement les informations récupérables au niveau d'entrée que celles qui le sont au niveau supra-ordonné, comme les sujets adultes jeunes et les personnes âgées contrôles. Cet effet du niveau est encore observable pour les patients lors de la deuxième passation (différence entre les informations d'entrée et supra-ordonnées : $F(1, 10) = 9.145$, $p < .05$) mais disparaît à la troisième passation, $F(1, 9) = 1.923$, $p > .05$ et à la quatrième passation, $F(1, 8) = 2.747$, $p > .05$. Toutefois, il serait hâtif d'interpréter cette disparition progressive de l'effet du niveau comme le reflet d'une désorganisation de l'organisation des informations sémantiques. Cet effet peut en effet trouver une explication dans la diminution globale des temps de réponse pour les informations supra-ordonnées que nous avons relevée au cours du suivi longitudinal. Cette diminution des temps de réponse pour les informations supra-ordonnées a pour conséquence de ne pas permettre à l'effet du niveau d'émerger. Cette *diminution* progressive des temps de réponse pour les connaissances de niveau supra-ordonné reste difficile à interpréter, le suivi longitudinal des patients dans la version verbale (Expérience 10), apportera éventuellement des éléments complémentaires. Cette amélioration spécifique au niveau supra-ordonné permet cependant d'ores et déjà de souligner que les niveaux continuent à faire l'objet de traitements différents.

Concernant l'effet de la nature, la tendance au traitement privilégié des informations structurales que nous relevions à la première passation (effet de la Nature : $F(1, 12) = 3.954$, $p = .07$) n'est plus observable à l'issue de la deuxième passation (effet de la Nature : $F(1, 10) = 2.364$, $p > .05$) et ne le redevient jamais (pour la troisième passation : $F(1, 9) = 1.5$, $p > .05$, pour la quatrième $F(1, 8) = 0.707$, $p > .05$). Ce résultat paraît conforme à nos attentes : la stratégie basée sur l'imagerie mentale visuelle ne serait plus aussi efficace au cours de la progression de la pathologie et, par conséquent, le traitement des attributs structuraux se ralentirait globalement pour devenir comparable à celui des traits fonctionnels. Cependant, l'effet de la nature de l'information pour les taux d'erreurs ne permet pas de valider totalement notre hypothèse. En effet, pour les taux d'erreurs, l'effet de la nature de l'information qui n'était pas significatif à la première passation, le devient dès la deuxième passation (effet de la Nature : $F(1, 10) = 4.962$, $p = .05$) et le reste pour la troisième ($F(1, 9) = 8.158$, $p < .05$) et la quatrième passation ($F(1, 7) = 7.59$, $p < .05$). Cette apparition d'un effet de la nature aurait pu nous permettre de valider de façon certaine notre hypothèse de perte de la stratégie basée sur l'imagerie mentale visuelle avec la pathologie, s'il s'était manifesté par une recrudescence des erreurs pour les propriétés structurales plutôt que fonctionnelles, mais cela n'est pas le cas : au cours du suivi, les patients améliorent leurs performances pour les informations structurales. Ainsi, même si l'avantage global des attributs structuraux s'atténue sur les temps de réponse, ceci ne signifierait pas la perte totale de la stratégie basée sur l'imagerie mentale visuelle.

Concernant l'interaction entre les variables niveau et nature, elle est présente tout au long du suivi pour les temps de réponse (pour la première passation : $F(1, 12) = 14.223$, $p < .01$, pour la deuxième : $F(1, 10) = 4.135$, $p = .06$, pour la troisième : $F(1, 9) = 4.398$, $p = .06$) et pour la quatrième : $F(1, 8) = 9.349$, $p < .05$).

L'étude des contrastes issus de cette interaction montre que **l'effet du niveau selon la nature** reste le même tout au long de la pathologie : au cours des quatre passations,

l'effet du niveau est présent pour les informations fonctionnelles mais pas pour les informations structurales. Tout comme cela était déjà le cas pour la première passation, les informations fonctionnelles sont toujours plus rapidement traitées au niveau d'entrée qu'au niveau supra-ordonné (pour la première passation, $F(1, 12) = 37.376$, $p < .01$, pour la deuxième passation : $F(1, 10) = 9.893$, $p < .01$, pour la troisième passation : $F(1, 9) = 7.12$, $p < .05$, pour la quatrième passation : $F(1, 8) = 14.73$, $p < .01$). Par contre, pour les informations structurales, l'effet du niveau est absent : les informations structurales sont traitées aussi rapidement au niveau d'entrée qu'au niveau supra-ordonné (pour la première passation, $F(1, 12) = 14.83$, $p > .01$, pour la deuxième passation : $F(1, 10) = 0.73$, $p > .05$, pour la troisième passation : $F(1, 9) = 0.8$, $p > .05$, pour la quatrième passation : $F(1, 8) = 0.235$, $p > .05$). Cette configuration des résultats qui reste stable malgré la progression de la pathologie s'accorde avec nos observations précédentes et est un argument en faveur du fait que les capacités d'imagerie mentale visuelle sont relativement maintenues chez les patients, dans cette version imagée de l'expérience.

L'ensemble de nos analyses permet de tirer quelques conclusions quant à l'effet du vieillissement et de la pathologie sur la vérification des attributs des objets contenus en mémoire sémantique. L'organisation globale des attributs des objets, telle que nous l'avons décrite pour les sujets adultes jeunes, à la fois à partir des critères de hiérarchie et des critères de nature du contenu sémantique, semble préservée au cours du vieillissement normal et du vieillissement pathologique. Toutefois, la comparaison des performances des patients et des sujets âgés contrôles ayant réalisé cette Expérience 9 (version imagée) montre que la DTA ralentit l'accès aux informations sémantiques en mémoire. Par contre, l'intégrité du stock des connaissances serait préservée. La progression de la pathologie dont nous pouvons observer les effets au cours du suivi ne montre pas l'émergence d'une désorganisation, puisqu'il y a à la fois un maintien de l'effet de niveau et des arguments en faveur de l'indépendance de ces derniers.

Dans nos expériences conduites auprès des adultes, nous avons mis en évidence que la présentation imagée ou verbale des stimuli influençait le traitement de certaines propriétés. Qu'en est-il chez les patients et les personnes âgées ? Nous proposons d'étudier les performances d'un groupe de 13 autres patients atteints de DTA légère sur la version entièrement verbale de cette expérience (Expérience 10).

II. Expérience 10 : Vérification de propriétés à partir d'un mot

Cette Expérience 10 consiste en la réplique de l'Expérience 6 proposée aux sujets adultes jeunes. Cette expérience a été proposée à un groupe de 13 patients DTA et à leurs sujets contrôles (13 personnes appariées en âge, sexe et niveau culturel). Toutes ces personnes sont différentes de celles ayant réalisé l'Expérience 9 (version imagée).

II.1. Méthode

II.1.1. Sujets

Les 13 patients (7 femmes, 6 hommes) présentaient un début DTA décrit selon les

critères NINCDS-ADRDA (McKhann et al., 1984). Tout comme dans l'Expérience 9, aucun ne présentait d'antécédent de traumatisme crânien grave, d'intervention neurochirurgicale, d'affection inflammatoire ou infectieuse du système nerveux central, d'éthylisme ou de pathologie psychiatrique. Pour chacun d'entre eux, un entretien individuel et familial ont précédé un bilan neuropsychologique. Le Tableau 10 présente les résultats obtenus à certains de ces tests par les patients

Tableau 10 — Résultats aux différents tests neuropsychologiques réalisés par les patients DTA légers pour l'Expérience 10.

	Résultats des DTA		
	M		MSD
MMS*	24,31		1,18
DO 80**	76,38		1,80
Fluence catégorielle (2 min sur "animaux")	15,08		4,11
Fluence formelle (2 min. sur "p")	10,62		2,57
* <i>Mental Status Examination : Folstein, Folstein et McHugh (1975)</i> ** <i>Metz-Lutz et al. (1991)</i>			

L'âge moyen de ces patients était de 75.2 ans (MSD = 4 ans). Parmi ces 13 patients, 6 possédaient un niveau inférieur au certificat d'étude, 4 avaient un niveau compris entre le certificat d'étude et le baccalauréat et enfin 3 patients avaient suivi des études supérieures. Chacun de ces patients a été apparié à un sujet contrôle comparable en âge, niveau socioculturel et sexe. L'âge moyen des sujets âgés contrôles était de 75.9 ans (MSD = 4.3 ans). Leurs résultats aux deux tests d'évocation lexicale sémantique (M = 20.9 mots, MSD = 4.9 mots pour la fluence formelle et une moyenne de 27 mots (MSD = 7 mots) pour la fluence catégorielle sont conformes aux données de références proposées par Cardebat et al. (1990) pour des sujets de cet âge.

Les tests statistiques confirment la validité de l'appariement que nous avons effectué. L'âge des deux populations est en effet identique ($p > .05$) et, les sujets âgés contrôles produisent de meilleurs résultats aux tests de fluence catégorielle ($p < .01$) et de fluence formelle ($p < .01$).

II.1.2. Stimuli

Les stimuli utilisés dans cette Expérience 10 étaient les mêmes que ceux utilisés dans l'Expérience 6 proposée aux sujets adultes jeunes.

II.1.3. Matériel et procédure

L'Expérience 10 a été réalisée avec le même matériel que celui utilisé pour l'Expérience 9 et les conditions de passations étaient en tout point identiques.

II.2. Résultats et discussion

Deux analyses de variance à mesures répétées (Anova)⁵⁸ ont été réalisées sur les temps de réponse et les taux d'erreurs, pour les patients d'une part et pour les sujets contrôle d'autre part. Ces analyses comportent deux facteurs intra-individuels : Niveau (Entrée ou Supra-ordonné) et Nature (Fonctionnelle ou Structurale). Les comparaisons entre les deux groupes ont été réalisées avec le test non paramétrique de Mann Whitney (U).

La moyenne des temps de réponse est de 3522 ms (MSD = 1209 ms) pour les patients et de 2093 ms (MSD = 530 ms) pour les sujets âgés contrôles. Contrairement à l'expérience précédente (Expérience 9, version imagée), les patients vérifient plus lentement les propriétés que les sujets âgés contrôles ($U = 19$, $p < .01$). Ce ralentissement ne s'accompagne pas d'une augmentation des taux d'erreurs entre les deux groupes : les patients produisent en effet statistiquement autant de réponses erronées que la population âgée contrôle (respectivement 11.78 % et 11.22 %, $U = 73,5$, $p > .05$). La version entièrement verbale de cette expérience induit donc une certaine difficulté pour les patients. Mais cette difficulté n'est pas uniquement inhérente à la pathologie. En effet, la comparaison que nous avons effectuée entre les temps de vérification des propriétés des sujets jeunes et des sujets âgés contrôles indique un ralentissement global des temps de réponse pour les personnes âgées, $U = 12$, $p < .01$. Toutefois, l'analyse plus fine des temps de réponse pour les patients et les sujets contrôles montre que, dans cette version strictement verbale, comme dans la version imagée, les patients produisent plus de temps déviants que leurs contrôles ($U = 43,5$, $p < .05$). Ces temps déviants donnent plus souvent lieu à des réponses correctes qu'à des réponses incorrectes, $F(1, 24) = 9.412$, $p < .01$. Ces résultats nous permettent d'affirmer que le vieillissement affecte la vitesse de traitement de l'information mais que celle-ci est encore plus ralentie en cas de pathologie. Ce ralentissement pour les patients est interprétable comme une difficulté pour accéder aux connaissances sémantiques contenues en mémoire. Il traduit peut-être également le fait que, dans cette expérience strictement verbale, les sujets ne peuvent plus aussi facilement mettre en oeuvre la stratégie basée sur l'imagerie mentale visuelle qui facilitait le traitement des informations structurales dans la version imagée.

Les analyses de **l'effet du Niveau** montrent que les patients, tout comme les sujets âgés contrôles, vérifient plus rapidement les informations du niveau d'entrée que les informations du niveau supra-ordonné (pour les patients : $F(1, 12) = 20.382$, $p < .01$; pour les sujets âgés contrôles : $F(1, 12) = 16.111$, $p < .01$). Pour ces deux groupes, la vérification des informations au niveau d'entrée est aussi plus correcte (pour les patients, $F(1, 12) = 10.427$, $p < .01$ et pour les sujets âgés contrôles $F(1, 12) = 14.681$, $p < .01$). Ce traitement privilégié du niveau d'entrée est identique à celui observé auprès des jeunes adultes. Ceci conforte donc notre idée d'une certaine préservation de l'organisation des connaissances sémantiques relatives aux attributs des objets en mémoire malgré le vieillissement et le début de la DTA.

Concernant **l'effet de la Nature de l'information**, ce dernier n'est pas significatif chez les patients, ni sur les temps de réponse, $F(1, 12) = 0.787$, $p > .05$, ni sur les taux

⁵⁸ Les tableaux généraux des analyses Anova, pour les patients et pour les sujets âgés, sont consultables en page 50 et 51. Comme précédemment, pour plus de lisibilité, nous ne présentons que les analyses par sujet.

d'erreurs, $F(1, 12) = 0.316$, $p > .05$. Cette absence d'effet de la nature se vérifie également auprès des sujets contrôles pour les temps de réponse ($F(1, 12) = 0.138$, $p > .05$) et pour les taux d'erreurs ($F(1, 12) = 0.16$, $p > .05$). Dans l'expérience précédente (Expérience 9, version imagée), cet effet de la nature était pourtant significatif sur les temps de réponse pour les sujets contrôles et indiquait une tendance pour les patients : les informations structurales étaient traitées plus rapidement que les fonctionnelles. La disparition de l'effet de la nature dans la version verbale chez les personnes âgées (patients et contrôles) nous permet de suggérer que ces sujets avaient effectivement mis en oeuvre une stratégie basée sur l'imagerie mentale visuelle pour traiter les informations structurales dans l'Expérience 9 (version imagée). Rappelons que cette disparition de l'effet de la nature avec le changement de version de l'expérience (imagée puis verbale) était également relevée auprès de la population de sujets adultes jeunes et nous avait permis de parvenir à la même conclusion.

Les deux variables Niveau et Nature interagissent uniquement pour les temps de réponse, pour les patients et pour les sujets âgés contrôles (respectivement, $F(1, 12) = 4.923$, $p < .05$ et $F(1, 12) = 7.872$, $p < .05$). La Figure 34 présente ces interactions pour les patients (à gauche) et pour les sujets contrôles âgés (à droite).

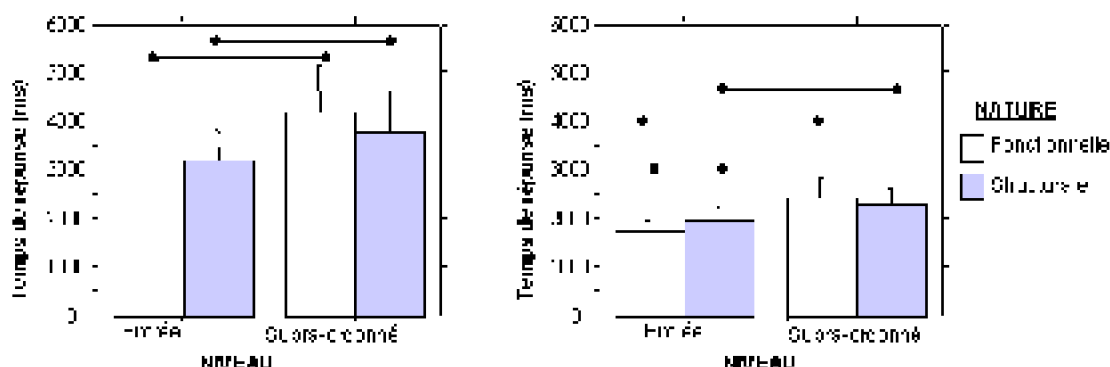


Figure 34 — Interaction Niveau*Nature pour l'Expérience 10 pour les temps de réponse pour les patients (à gauche) et pour les sujets âgés contrôles (à droite). Les liens entre deux conditions indiquent une comparaison de moyennes significative à $p < .05$.

Nous pouvons remarquer que l'allure globale de ces interactions est la même pour les deux groupes. Cependant, l'analyse plus fine des contrastes met en évidence quelques différences entre ces deux populations.

Si l'on considère l'effet du niveau sur la nature de l'information, celui-ci a un effet significatif pour les informations fonctionnelles et pour les informations structurales, pour chacun des deux groupes de sujets. Les informations fonctionnelles sont en effet plus rapidement vérifiées au niveau d'entrée qu'au niveau supra-ordonné (pour les personnes âgées contrôles : $F(1, 12) = 61.802$, $p < .01$) et pour les patients : $F(1, 12) = 34.39$, $p < .01$). De même, les informations structurales de niveau d'entrée sont plus rapidement traitées que les informations structurales de niveau supra-ordonné, pour les deux groupes (pour les personnes âgées contrôles : $F(1, 12) = 15.159$, $p < .01$, pour les patients : $F(1, 12) = 7.436$, $p < .05$). Rappelons que dans la version imagée (Expérience 9), l'effet du niveau était significatif seulement pour les informations fonctionnelles. Les

informations structurales, étaient tout aussi rapidement traitées au niveau d'entrée qu'au niveau supra-ordonné. Ainsi, pour les personnes âgées (contrôles et patients), le changement du mode de présentation des stimuli induit une modification de l'effet de niveau pour les informations structurales, comme cela était déjà le cas pour les sujets adultes jeunes. Cette modification illustre le fait que dans cette version verbale, les sujets sont moins enclins à appliquer une stratégie basée sur l'imagerie mentale visuelle qui favorise spécifiquement le traitement des informations structurales. Cette facilitation était tellement massive qu'elle parvenait à gommer l'effet du niveau pour ces informations structurales. Dans la version strictement verbale, l'utilisation de cette stratégie est moins permise et, par conséquent, l'effet du niveau sur les informations structurales est observable chez les trois groupes étudiés.

Si l'on considère les effets de la nature de l'information selon les différents niveaux de stockage, des différences émergent entre les trois populations. Rappelons que *chez les sujets adultes jeunes*, la vérification des propriétés fonctionnelles (plutôt que structurales) était plus rapide au niveau d'entrée alors que le traitement des informations structurales (plutôt que fonctionnelles) donnait lieu à moins d'erreurs au niveau supra-ordonné.

Pour les sujets âgés contrôles, le traitement privilégié (en termes de temps de réponse) des informations fonctionnelles au niveau d'entrée se maintient. En effet, pour les sujets âgés contrôles, les informations fonctionnelles sont traitées plus rapidement que les informations structurales au niveau d'entrée, $F(1, 12) = 5.139$, $p < .05$. Notons que ce traitement privilégié des informations fonctionnelles ne s'observe pas sur les informations de niveau supra-ordonné, $F(1, 12) = 2.893$, $p > .05$. Bien que l'interaction entre les variables Niveau et Nature ne soit pas significative pour les taux d'erreurs, nous avons tout de même analysé les contrastes. Ces derniers nous apprennent que le traitement privilégié des informations structurales au niveau supra-ordonné se confirme chez les personnes âgées contrôles. Pour cette population, les informations structurales sont en effet plus correctement traitées que les informations fonctionnelles au niveau supra-ordonné ($F(1,12) = 16.137$, $p < .01$) alors que cela n'est pas le cas au niveau d'entrée, $F(1, 12) = 3.479$, $p > .05$.

Ainsi, il semble que les sujets âgés contrôles comme les sujets adultes jeunes présentent une sensibilité différente à la nature de l'information selon les niveaux de stockage de cette information : les informations fonctionnelles sont privilégiées au niveau d'entrée alors que les informations structurales le sont au niveau supra-ordonné. Ces observations s'accordent avec notre hypothèse d'indépendance des niveaux de stockage d'entrée et supra-ordonné et ajoutent que cette indépendance reste stable au cours du vieillissement.

Les données obtenues auprès *des patients atteints de début de DTA* montrent que cette sensibilité à la nature de l'information suivant les niveaux de stockage de l'information disparaît avec la maladie. Au niveau d'entrée, nous n'observons aucun effet de la nature : les informations fonctionnelles sont vérifiées aussi rapidement que les informations structurales, $F(1, 12) = 1.546$, $p > .05$. Au niveau supra-ordonné, les sujets vérifient aussi précisément les informations structurales que les informations fonctionnelles ($F(1, 12) = 0.035$, $p > .05$)⁵⁹.

Ainsi, alors que pour les personnes jeunes et les personnes âgées, le niveau d'entrée est le niveau de traitement privilégié des informations fonctionnelles et que le niveau supra-ordonné est celui des informations structurales, cette sensibilité à la nature de l'information selon les niveaux disparaît chez les patients atteints de DTA. Cela est l'indice d'une certaine disparition de l'indépendance des niveaux de connaissances sur les attributs.

La **comparaison des performances entre les trois populations** pour chacune des conditions (Figure 35) permet de mettre en évidence un phénomène particulier pour les informations supra-ordonnées fonctionnelles, qui pourrait lui aussi s'avérer être un effet de la DTA sur l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire.

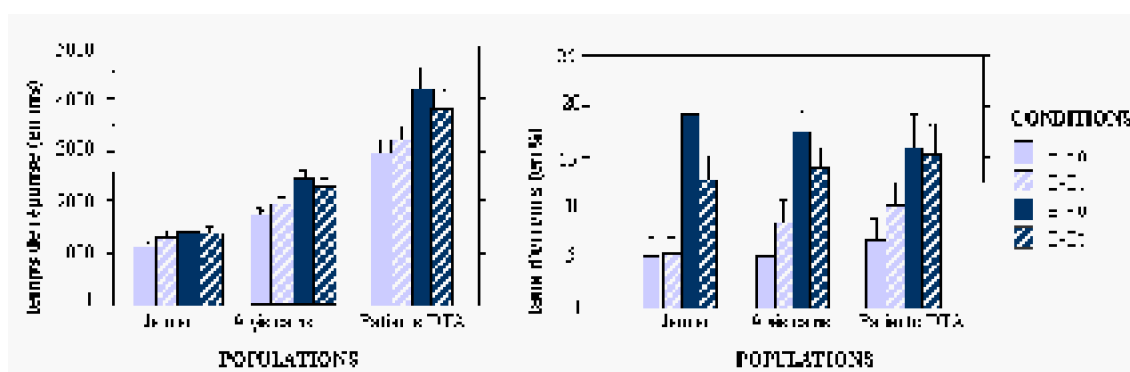


Figure 35 — Graphiques des temps de réponse et des taux d'erreurs pour les trois populations (jeunes, âgés sains et patients DTA) ayant réalisé l'Expérience 10. (E = Entrée, S = Supra-ordonné, Fo = Fonctionnel, St = Structural).

Pour chacune des conditions, une augmentation progressive des temps de réponse entre les trois groupes est observable. Les sujets jeunes sont plus rapides que les sujets âgés contrôles (différence de 766 ms, $U = 12$, $p < .01$) qui, eux mêmes, sont plus rapides que les patients (différence de 1428 ms, $U = 19$, $p < .01$).

Concernant les taux d'erreurs, les analyses statistiques ne révèlent significativement pas de différence entre les groupes. Cependant, l'allure générale du graphique suggère une augmentation des erreurs due au vieillissement et qui s'aggraverait avec la pathologie. Cette augmentation progressive des taux d'erreurs est suggérée pour toutes les conditions expérimentales *hormis* pour la condition dans laquelle les items fonctionnels sont à vérifier au niveau supra-ordonné (condition S-Fo).

En effet, pour cette condition, et seulement pour celle-ci, l'augmentation des temps de réponse à travers les groupes s'accompagne d'une *diminution* des taux d'erreurs. Bien que la comparaison des performances pour cette condition entre les personnes âgées et les patients ne soient pas significative, $U = 70$, $p > .05$, l'allure des résultats tend à montrer l'apparition d'un phénomène tout à fait spécifique à ce type de propriété.

Ce phénomène pourrait correspondre à la manifestation d'un début de désorganisation des connaissances sémantiques en mémoire, celle-ci touchant dans un

⁵⁹ Rappelons que l'interaction entre les variables Niveau et Nature n'était pas significative sur les taux d'erreurs pour les patients mais, que, étant donné nos hypothèses, nous avons analysé les contrastes issus de cette interaction.

premier temps les informations supra-ordonnées fonctionnelles. Il se peut qu'au cours du vieillissement, l'accès à ces informations soit de plus en plus difficile et que cette difficulté s'accroisse encore avec la maladie. Pour faire face, les sujets se verraient alors dans l'obligation d'adopter une stratégie et réaliseraient un compromis entre la rapidité pour donner leur réponse et l'exactitude de celle-ci : afin de pouvoir répondre de façon correcte aux informations supra-ordonnées fonctionnelles, ils mettraient plus de temps. Si cette hypothèse se confirmait, nous devrions observer, au cours du suivi longitudinal réalisé pendant 18 mois auprès de ces patients, une accentuation de ce compromis entre rapidité et exactitude pour ces informations supra-ordonnées fonctionnelles.

Ce suivi longitudinal nous permettra également d'observer d'autres effets de la pathologie et de confirmer nos observations à propos de la perte de l'indépendance entre les différents niveaux de stockage. En effet, les comparaisons entre les sujets adultes jeunes, les contrôles âgés et les patients DTA montraient que la sensibilité différente à la nature de l'information selon les niveaux disparaissait spécifiquement pour les patients. Si cela se confirme, nous devrions donc toujours observer un traitement équivalent des informations fonctionnelles et structurales, que ce soit au niveau d'entrée ou au niveau fonctionnel, pour cette population.

II.3. Suivi longitudinal version mot

II.3.1. Sujets

Le suivi longitudinal des performances pour cette version verbale a été conduit pendant 18 mois sur ce groupe de 13 patients présentant un début de DTA. Les sujets étaient vus tous les six mois. Douze ont été vus à la deuxième passation puis 10 d'entre eux ont réalisé la troisième passation. Enfin, 9 de ces patients ont réalisé la quatrième passation⁶⁰.

Tout comme pour le suivi longitudinal réalisé pour la version imagée, les patients ont réalisés différents tests neuropsychologiques lors de chaque passation, nous permettant ainsi d'apprécier l'effet de la progression de la maladie. Le Tableau 11 rapporte les performances obtenues par les patients DTA à certains de ces tests, lors de la première et de la quatrième passation. Nous rappelons que, durant toute la durée du suivi, tous les patients de ce groupe bénéficiaient d'un même traitement médicamenteux (Aricept).

Tableau 11 — Résultats obtenus à certains tests neuropsychologiques réalisés lors de la première et la quatrième passation (Expérience 10).

⁶⁰ Nous pouvons noter que de ces 5 patients ont réalisé une cinquième passation. Toutefois, ce nombre étant peu élevé, nous avons choisi de ne pas inclure ce groupe dans notre suivi.

	1ère passation N=13					4ème passation N=9				
	M		MSD			M		MSD		valeur du p
MMS*	24,31		1,18			21,6		2,5		0391
DO 80**	76,38		1,80			75,6		1,1		0703
Fluence catégorielle	15,08		4,11			10,6		4		0391
Fluence formelle	10,62		2,57			7,4		3,9		0425

* *Mental Status Examination : Folstein, Folstein et McHugh (1975)* ** *Metz-Lutz et al. (1991)*

Ces résultats s'accordent avec nos observations précédentes relatives au manque de sensibilité du test DO 80 puisque, comme pour le suivi des patients dans la version image, les performances à ce test ne semblent pas affectées par la progression de la pathologie.

II.3.2. Matériel et Procédure

Le matériel était identique à celui utilisé pour réaliser le suivi longitudinal de l'Expérience 9. La procédure était également identique. Comme pour le suivi longitudinal précédent, nous avons pris soin de faire varier l'ordre des deux listes pour chaque sujet afin de ne pas induire un quelconque effet de l'apprentissage entre les passations.

II.3.3. Résultats et discussion

I.3.3.1. Analyses globales

Les analyses pour ce suivi longitudinal ont été conduites avec le test statistique des signes sur séries appariées ou test des signes bivariés. La Figure 36 présente les courbes de performances des patients au cours des 18 premiers mois de la DTA pour chacune des conditions expérimentales.

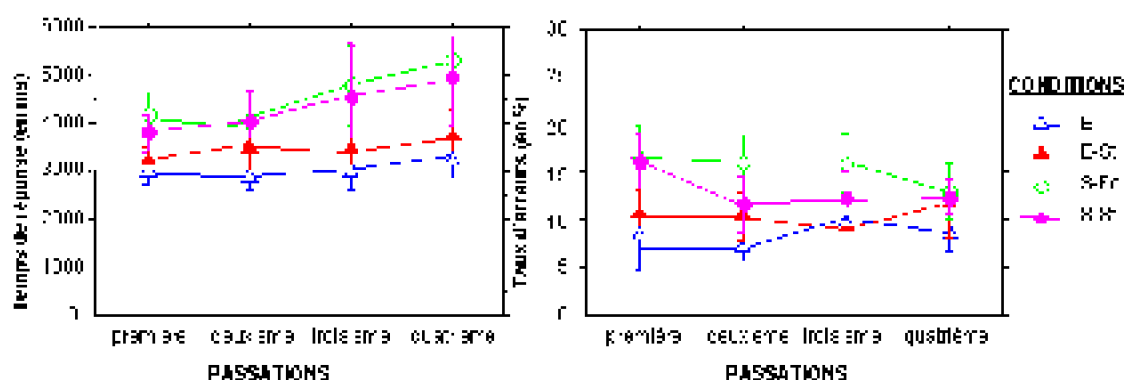


Figure 36 — Performances des patients DTA au cours du suivi longitudinal pour les temps de réponse (à gauche) et pour les taux d'erreurs (à droite) pour l'Expérience 10 (version

verbale). (*E = Entrée, S = Supra-ordonné, Fo = Fonctionnel, St = Structural*).

Les analyses révèlent une stabilité générale des performances des patients au cours de ce suivi, pour les temps de réponse ($p > .05$) comme pour les taux d'erreurs ($p > .05$). Les analyses statistiques ne montrent en effet aucune différence significative entre les passations pour chacune des conditions.

Cette absence d'effet peut trouver une explication à travers la présence d'écart-types de grande ampleur traduisant l'hétérogénéité du groupe. Toutefois, les analyses de variances que nous avons effectuées à l'issue de chacune des passations révèlent, quant à elles, des effets différents de la progression de la pathologie suivant les conditions expérimentales.

I.4.3.2. Analyses à l'issue de chacune des passations

Pour chacune des passations, une analyse de variances à mesures répétées (Anova) a été réalisée sur les temps de réponse et les taux d'erreurs⁶¹. Ces analyses de variances portent sur deux facteurs intra-individuels : Niveau (Entrée ou Supra-ordonné) et Nature (Fonctionnelle ou Structurale). Nous présentons, pour chacun des facteurs l'effet de l'évolution de la pathologie.

Concernant l'effet du niveau, les analyses mettent en évidence une disparition progressive de cet effet avec la pathologie, pour les taux d'erreurs. Lors de la première passation l'effet du niveau est significatif : les patients, comme les sujets jeunes et les contrôles âgés, vérifient de façon plus correcte les informations de niveau d'entrée que de niveau supra-ordonné (pour rappel, $F(1, 12) = 10.427$, $p < .01$). Mais, dès la deuxième passation cet effet du niveau disparaît, $F(1,11) = 2.164$, $p > .05$ et ne réapparaît jamais (pour la troisième passation : $F(1,9) = 2.2$, $p > .05$, pour la quatrième passation : $F(1,8) = 0.947$, $p > .05$). Le suivi longitudinal des patients dans la version imagée (Expérience 9) montrait également une disparition de cet effet de niveau au cours de la progression de la pathologie. Toutefois, dans l'Expérience 9, nous n'avions pu conclure à la perte de l'organisation hiérarchique des connaissances en raison du fait que, conjointement à cette disparition progressive de l'effet de niveau, nous observions une baisse des temps de réponse pour les informations de niveau supra-ordonné. Cette accélération des temps de réponse empêchait alors l'effet du niveau d'émerger. Mais, pour la présente expérience, les temps de réponse des patients restent stables au cours du suivi. Aussi, le phénomène de disparition de l'effet de niveau est ici remarquable dans le sens où il est inédit. Il suggère une perturbation de l'organisation taxonomique des connaissances sémantiques en mémoire avec la progression de la maladie : peu à peu les informations vérifiables au niveau d'entrée deviennent aussi difficiles à traiter que les informations relevant du niveau supra-ordonné.

Concernant la nature de l'information, son effet n'est pas significatif à l'issue de chacune des passations, que ce soit pour les temps de réponse ou les taux d'erreurs. Les patients traitent de façon indifférenciée les informations fonctionnelles et structurales, ceci nous confortant à nouveau dans l'idée que cette version verbale ne favorise pas

⁶¹ Les tableaux généraux des Anova pour chacune des passations sont consultables en Annexes (page 52 à 54).

l'utilisation de stratégies basées sur l'imagerie mentale visuelle et par conséquent, ne facilite pas le traitement des informations structurales.

L'interaction entre les variables Niveau et Nature, qui était significative à la première passation sur les temps de réponse (pour rappel, $F(1, 12) = 4.923$, $p < .05$) disparaît dès la deuxième passation ($F(1, 11) = .823$, $p > .05$) et ne réapparaît pas ensuite (troisième passation : $F(1, 9) = 4.734$, $p > .05$ et quatrième passation : $F(1, 9) = 1.115$, $p > .05$). Ceci nous permet de discuter deux éléments :

Concernant l'effet de la nature sur les niveaux, comme c'était déjà le cas pour les patients à la première passation, la nature n'influence plus les temps de réponse ni au niveau d'entrée, ni au niveau supra-ordonné. Pourtant, pour les sujets adultes jeunes ainsi que les sujets contrôles, les informations fonctionnelles étaient mieux traitées au niveau d'entrée et les informations structurales étaient privilégiées au niveau supra-ordonné. Cet effet disparaît définitivement avec la pathologie, ce suivi confirmant donc la progressive disparition de l'indépendance des deux niveaux.

Concernant l'effet du niveau selon la nature de l'attribut, celui-ci persiste à travers le suivi longitudinal et s'exprime par la même configuration : un effet du niveau à la fois sur les informations fonctionnelles et sur les informations structurales. Quelle que soit la nature de l'information, les propriétés sont donc toujours vérifiées plus rapidement au niveau supra-ordonné qu'au niveau d'entrée, comme cela était déjà le cas chez les sujets jeunes et chez les contrôles dans cette version verbale de l'expérience. Toutefois, avec l'évolution de la pathologie, l'interaction générale n'est plus significative, ce qui conduit à relativiser la persistance de ces effets.

Aussi, la disparition de cet effet au cours du suivi dans la version verbale confirme une nouvelle fois que cette modalité ne favorise pas l'utilisation de l'imagerie mentale visuelle pour le traitement des informations structurales et permet de confirmer la disparition progressive de l'indépendance des connaissances contenues aux différents niveaux de la hiérarchie.

Cependant, l'indépendance des niveaux de stockage des informations n'est peut-être pas *totale*ment perdue avec la progression de la pathologie, puisque le suivi longitudinal confirme l'effet particulier de la DTA pour les informations *supra-ordonnées fonctionnelles*. Suite à la comparaison entre les performances obtenues par les sujets adultes jeunes, les contrôles et les patients dans cette version verbale (Expérience 10), nous avons en effet observé, spécifiquement pour cette condition, une augmentation des temps de réponse entre les groupes, corrélée à une baisse des taux d'erreurs. Le suivi longitudinal montre le maintien de cet effet particulier, qui semble en fait concerner toutes les informations de niveau supra-ordonné. L'absence d'une différence statistique significative entre les différentes passations, nous empêche de valider avec certitude notre hypothèse mais l'allure du graphique tend à la conforter : pour cette condition supra-ordonné fonctionnel (comme pour la condition supra-ordonné structural), les sujets vérifient de plus en plus lentement ces associations. Cependant, cette augmentation des temps de réponse entre chaque passation tend à s'accompagner d'une baisse des taux d'erreurs. Cette difficulté particulière pour le traitement des informations de niveau supra-ordonné suggère donc que les attributs de l'un et de l'autre niveau ne font pas l'objet des mêmes traitements. La pathologie continuerait donc à préserver une certaine indépendance entre les niveaux

même si celle-ci ne s'exprime plus de la même façon que chez les sujets jeunes ou chez les sujets contrôles.

Le suivi longitudinal n'étant pas suffisant pour confirmer de manière certaine notre hypothèse pour le traitement de ces informations supra-ordonnées fonctionnelles, nous avons proposé cette expérience auprès de deux autres groupes de patients plus atteints par la pathologie : 13 patients présentant une DTA modérée et 13 patients présentant une DTA sévère. Ces deux études transversales complémentaires nous permettront également de confirmer la disparition de l'effet du niveau relevée au cours du suivi dans la version verbale ainsi que la perte de la sensibilité à la nature des informations pour chacun des niveaux. Peut-être, nous donneront-elles également la possibilité d'observer d'autres effets induits par cette pathologie sur l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire ?

IV. Expérience 11: Etude de deux groupes de patients présentant une DTA modérée et une DTA sévère

Nous pensons observer, auprès de ces deux groupes de patients, une déstructuration encore plus nette de l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire. Bien que massive, nous faisons l'hypothèse que cette déstructuration ne se présentera pas de façon anarchique et qu'elle continuera à respecter une logique compatible avec nos observations réalisées pendant le suivi des patients débutants une DTA. Nous pensons par exemple, pouvoir continuer à observer l'absence d'effet de niveau. Au cours du suivi, cet effet avait disparu pour les taux d'erreurs, il est maintenant possible qu'il disparaisse aussi pour les temps de réponse pour les DTA modérés et pour les DTA sévères. La sensibilité différente des niveaux à la nature de l'information était perdue au cours de la progression de la pathologie. Elle ne devrait donc logiquement pas réapparaître pour ces patients. Enfin, concernant le compromis entre rapidité et exactitude, que nous supposons être mis en place par les patients pour traiter les informations supra-ordonnées (fonctionnelles mais aussi structurales) il se peut que celui-ci s'accroisse.

IV.1. Méthode

IV.1.1. Sujets

Cette expérience a été proposée à 13 patients (7 femmes, 6 hommes) présentant une démence de type Alzheimer modérée et à 9 patients (6 femmes, 3 hommes) présentant une démence de type Alzheimer sévère, selon les critères NINCDS-ADRDA (McKhann et al., 1984). Tout comme précédemment, un bilan neuropsychologique a été effectué pour chacun de ces patients. Le Tableau 12 rapporte les résultats obtenus à certains de ces tests par les deux groupes de patients.

Tableau 12 — Résultats aux différents tests neuropsychologiques réalisés par les patients présentant une DTA modérée ou une DTA sévère.

	DTA modérée		DTA sévère			
	M		MSD		M	MSD
MMS*	18,8		1,1	15,9		1,2
DO 80**	73,5		2,1	64,9		11,8
Fluence catégorielle (2 min sur "animaux")	11,5		2,5	7,6		1,9
Fluence formelle (2 min. sur "p")	7,4		2,2	6,2		2

* *Mental Status Examination : Folstein, Folstein et McHugh (1975)* ** *Metz-Lutz et al. (1991)*

Les patients présentant une DTA modérée obtiennent de meilleurs scores que les patients présentant une DTA sévère au MMS ($p < .01$), à la fluence catégorielle ($p < .01$) et au DO 80 ($p < .01$). Les performances de chacun de ces deux groupes de patients se distinguent significativement de celles obtenus par les patients DTA débutants, hormis pour le test DO 80 ($p > .05$). Ce test est en effet le seul qui ne permet pas la distinction entre le groupe de patients débutants et celui des patients modérés, ceci confirme donc la faible sensibilité de ce test que nous avons déjà été amenée à souligner.

L'âge moyen des patients est de 76.18 ans (MSD = 8.9 ans) pour le groupe de DTA modérés et de 71.2 ans (MSD = 9.3 ans) pour le groupe de patients DTA sévères. Cette moyenne d'âge est statistiquement équivalente entre les deux groupes ($p < .05$).

Parmi les patients présentant une DTA modérée, 8 possédaient un niveau inférieur au certificat d'étude, 3 patients avaient un niveau compris entre le certificat d'étude et le baccalauréat et 2 patients avaient suivi des études supérieures. Pour les patients présentant une DTA sévère, 5 possédaient un niveau d'étude inférieur au certificat d'étude, 2 avaient un niveau compris entre le certificat d'étude et le baccalauréat et enfin 2 patients avaient suivi des études supérieures.

IV.1.2. Stimuli et Matériel

L'Expérience 11 proposée à ces patients était en tout point identique à l'Expérience 10 (version verbale). Les passations ont eu lieu dans un bureau du Service de Neurologie de l'Hôpital Bellevue, sur le même ordinateur (Macintosh G4).

IV.2. Procédure

Malgré la progression de la maladie, il n'a pas été nécessaire d'apporter de modifications

pour les temps de présentation des événements. Les sujets étaient en effet en mesure de lire les mots ainsi que les propriétés s'affichant sur l'écran.

Pour les patients présentant une DTA modérée, nous avons pu recueillir les temps de réponse et les taux d'erreurs. Cependant, la plupart des patients présentant une DTA sévère étaient dans l'impossibilité de synchroniser la réponse orale qu'ils donnaient spontanément et d'appuyer sur la touche correspondante à leur réponse. L'expérimentateur appuyait donc sur la touche à la place du patient, ce dernier n'avait alors qu'une réponse orale à donner. Pour les patients DTA sévères, seuls les taux d'erreurs ont donc pu être analysés.

IV.3. Résultats et discussion

Nous allons, dans un premier temps, présenter les analyses réalisées pour les DTA modérés. Afin d'apprécier l'effet de la progression de la pathologie sur l'organisation des connaissances en mémoire, nous procéderons à une comparaison entre les données des patients DTA débutants et celles de ces patients présentant une DTA modérée.

Dans un deuxième temps, nous présentons l'analyse des taux d'erreurs chez les patients présentant une DTA sévère, pour tester l'accentuation des effets de cette pathologie.

IV.3.1. Analyses pour le groupe de DTA modérés

Des analyses de variance (Anova) portant sur les temps de réponse et les taux d'erreurs ont été conduites pour le groupe de DTA modérés⁶². Ces analyses portent sur deux facteurs intra-individuels : Niveau (Entrée ou Supra-ordonné) et Nature (Fonctionnelle ou Structurale).

Ces analyses confirment la disparition de **l'effet du niveau** de récupération de l'information pour les patients DTA modérés. Cet effet du niveau est non significatif pour cette population, que ce soit sur les taux d'erreurs, $F(1, 12) = 1.143$, $p > .05$, ou sur les temps de réponse, $F(1, 12) = 1.143$, $p > .05$. Le maintien de la disparition de cet effet indique que la progression de la maladie continue à déstructurer l'organisation hiérarchique des connaissances sémantiques en mémoire : la disparition de l'effet du niveau est cette fois observée à la fois sur les temps de réponse et sur les taux d'erreurs.

La Nature de l'information n'a également aucun effet pour ces patients. Les patients DTA modérés répondent tout aussi rapidement et justement aux informations fonctionnelles et structurales (pour les temps de réponse : $F(1,12) = 0.026$, $p > .05$ et pour les taux d'erreurs : $F(1,12) = 4.004$, $p > .05$).

L'interaction entre les variables Niveau et Nature est non significative pour les temps de réponse, $F(1,12) = 1.211$, $p > .05$, et pour les taux d'erreurs, $F(1,12) = 2.203$, $p > .05$. Ceci confirme donc les observations que nous avons réalisées au cours du suivi du groupe de patients DTA débutants : avec la progression de la pathologie, la sensibilité différente des deux niveaux à la nature de l'information disparaît et à travers cette

⁶² Les tableaux Anova pour les DTA modérés sont consultables en Annexes, page 55.

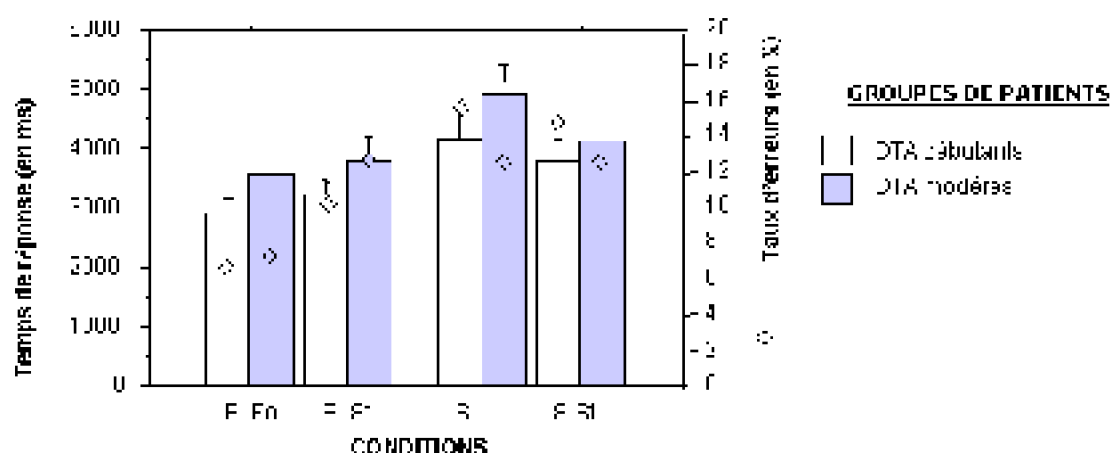
sensibilité, l'indépendance des connaissances selon les deux niveaux de stockage est annulée.

Ainsi, ces analyses confirment nos observations réalisées au cours du suivi longitudinal. La progression de la pathologie fait disparaître l'indépendance des niveaux de connaissances. Ces dernières sont alors traitées de la même façon, quel que soit leur niveau de vérification ou leur nature. Toutefois, la comparaison entre les performances obtenues par les DTA débutants et les DTA modérés nous indique que cette déstructuration ne s'opère pas au hasard et suit une certaine logique.

IV.3.2. Comparaison entre les performances des DTA débutants et modérés

La comparaison entre les performances du groupe de DTA débutants et modérés pour les temps de réponse et les taux d'erreurs⁶³ permet de mettre en évidence un effet différent de la progression de la pathologie suivant le niveau auquel les informations sont à vérifier.

La Figure 37 présente les performances de ces deux groupes pour chaque condition expérimentale. Les temps de réponse correspondent aux barres de l'histogramme et les taux d'erreurs sont indiqués par les losanges.



Cette comparaison met en évidence l'existence d'un ralentissement général inhérent à la pathologie. Les patients DTA modérés ont en effet besoin de plus de temps que les DTA débutants pour vérifier les associations proposées (différence de 585,8 ms, $p < .05$). Cette augmentation des temps de réponse ne s'accompagne pas d'une augmentation générale des taux d'erreurs (différence de 0,8 %, $p > .05$) mais une configuration toute particulière apparaît selon les niveaux.

Pour les informations de niveau supra-ordonné, et conformément aux observations que nous avons faites au cours du suivi, l'augmentation des temps de réponse s'accompagne d'une baisse des taux d'erreurs. Cette baisse est significative seulement pour les informations supra-ordonnées fonctionnelles (différence entre les DTA débutants et les DTA modérés pour cette condition : 3,1 %, $p < .05$). L'allure du graphique pour les informations supra-ordonnées structurales n'est pas en désaccord avec cette

⁶³ Ces comparaisons de moyenne ont été effectuées avec le test t sur séries non appariées

observation. Ainsi, d'une manière générale pour les informations supra-ordonnées, la progression de la pathologie s'accompagne d'une difficulté de plus en plus importante pour accéder aux connaissances : avec la progression de la DTA, les patients auraient besoin de plus de temps pour récupérer les informations en mémoire, ils parviendraient ainsi à mieux récupérer les informations correctes que les sujets moins atteints. Les informations supra-ordonnées fonctionnelles seraient les premières affectées par cette difficulté d'accès puis, dans un deuxième temps, les informations supra-ordonnées structurales seraient concernées. La progression différente de la pathologie à ce niveau suivant la nature de l'information s'accorde avec nos observations précédentes réalisées auprès des jeunes et des personnes âgées contrôles et qui montraient que le niveau supra-ordonné est le niveau privilégié pour les informations structurales.

Pour les informations de niveau d'entrée, l'augmentation des temps de réponse s'accompagne plutôt d'une augmentation des taux d'erreurs. Cette augmentation est significative uniquement pour les informations d'entrée structurales (différence de taux d'erreurs entre les deux groupes de DTA 2.05 %, $p < .05$). Toutefois, l'allure du graphique pour les informations d'entrée fonctionnelles est en accord avec cette observation (différence non significative de 0.5 %). Ainsi, avec la progression de la pathologie, les patients ont besoin de plus en plus de temps pour traiter les informations de niveau d'entrée, mais ce temps supplémentaire ne leur permet pas d'accéder à l'information correcte. Ces résultats suggèrent donc que la pathologie affecte non seulement l'accès aux informations sémantiques de niveau d'entrée mais aussi le stock même des connaissances de niveau d'entrée. Les informations de niveau d'entrée structurales seraient les premières affectées par cette perte du stock, puis les informations de niveau d'entrée fonctionnelles seraient concernées. Là encore, cette différence selon la nature s'accorde avec nos précédentes observations : le niveau d'entrée est le niveau privilégié pour les informations fonctionnelles. D'une façon générale, cette vulnérabilité des informations spécifiques aux concepts (ici, niveau d'entrée) s'accorde avec les données de la littérature (Huff, Corkin & Growdon, 1986 ; Martin, 1992 ; Sailor, Bramwell & Griesing, 1998).

Cette comparaison permet d'observer l'effet de la pathologie entre les stades débutant et modéré. Nous proposons maintenant d'analyser les taux d'erreurs que nous avons relevés pour les sujets plus sévèrement atteints par cette pathologie.

IV.3.3. Analyses des taux d'erreurs produits par les DTA sévères

Pour la population de DTA sévères, une seule analyse de variances (Anova) a été effectuée, sur les taux d'erreurs⁶⁴.

Cette analyse confirme la disparition de **l'effet du niveau**. Cet effet n'est pas significatif pour les DTA sévères sur les taux d'erreurs, $F(1, 8) = 0.072$, $p > .05$. Les informations de niveau d'entrée suscitent autant d'erreurs que celles du niveau supra-ordonné.

L'effet de la Nature de l'information n'a également aucun effet. Le groupe de DTA

⁶⁴ Le tableau Anova pour les DTA sévères est consultable en Annexes, page 56.

sévères produit autant d'erreurs pour les informations fonctionnelles et structurales, $F(1, 8) = 1.524$, $p > .05$.

Concernant **l'interaction entre les variables Niveau et Nature**, rappelons que celle-ci était significative pour les patients DTA débutants puis, au cours du suivi, cette interaction devenait non significative (elle ne l'était plus dès la deuxième passation). Pour les patients DTA modérés, les deux variables n'interagissaient pas non plus, ce qui nous permettait de conclure que, progressivement, la sensibilité différente des niveaux à la nature de l'information disparaissait avec la pathologie et, à travers elle, l'indépendance des niveaux. Pour le groupe des DTA sévères, cette interaction redevient significative sur les taux d'erreurs, $F(1,8) = 12.8$, $p < .05$. Cette significativité traduit une difficulté toute particulière des patients pour traiter les informations *supra-ordonnées fonctionnelles* ainsi que les informations de *niveau d'entrée structurales*.

Concernant les informations supra-ordonnées fonctionnelles, cette augmentation des taux d'erreurs s'inscrit logiquement dans notre hypothèse relative à la stratégie particulière développée pour ces informations. En effet, nous avons suggéré que, spécifiquement pour ces informations, les sujets mettaient en oeuvre une stratégie consistant à prendre plus de temps pour répondre correctement. Il est possible qu'avec la progression de la pathologie, cette stratégie ne soit plus suffisante pour pallier la difficulté rencontrée par les patients face à ce type de propriétés. Par conséquent, les taux d'erreurs redeviendraient particulièrement élevés pour ces informations supra-ordonnées fonctionnelles, ce qui traduit certainement une perte du stock de ces connaissances. Rappelons que nous ne pouvons pas procéder à des analyses sur les temps de réponse pour ces patients DTA sévères. Notre hypothèse aurait pu être validée avec plus de certitude si nous avions pu procéder à une telle analyse. Une augmentation des temps de réponse entre les DTA modérés et les DTA sévères, associée à cette recrudescence d'erreurs pour ces informations, auraient alors été le signe de la perte du bénéfice de ce compromis entre rapidité et exactitude et, au-delà, le signe certain de la perte du stock des informations supra-ordonnées fonctionnelles.

De la même manière, l'augmentation significative des erreurs **pour les informations d'entrée structurales** traduit la perte du stock de ces connaissances.

Ainsi, bien que partielle car reposant uniquement sur les taux d'erreurs, cette passation effectuée auprès de patients DTA sévèrement atteints va dans le sens de nos hypothèses d'un effet différent de la pathologie suivant le niveau et la nature de l'information.

V. CONCLUSION

Synthèse des expériences réalisées auprès des personnes âgées contrôles et des différents groupes de patients DTA (débutants, modérés et sévères)

1.

En début de pathologie, l'organisation hiérarchique ou taxonomique des attributs pour un même objet en mémoire est globalement préservée. Toutefois, le vieillissement mais aussi la pathologie affectent la rapidité de récupération de ces informations. La

présence de temps déviants donnant lieu à une réponse correcte (Expériences 9 et 10) observée uniquement chez les patients montre que, pour eux, seul l'accès aux informations est ralenti, l'intégrité du stock de connaissances étant encore préservée en début de DTA.

2.

La présentation imagée des stimuli (Expérience 10) favorise, chez les personnes âgées comme chez les sujets adultes jeunes, l'utilisation d'une stratégie basée sur l'imagerie mentale visuelle (processus de complément et de scanning). Cette stratégie, encouragée par la présentation imagée des stimuli, favorise spécifiquement le traitement des informations structurales. Son utilisation se manifeste de deux façons : (1) par un effet global de la nature avec un avantage pour les attributs structuraux et (2) par une absence d'effet du niveau de l'information sur ces informations structurales. Pour ces deux populations (adultes jeunes et sujets âgés contrôles), le passage à la version strictement verbale cette épreuve (Expérience 10) s'accompagne de la disparition de ces deux indicateurs : en version verbale, l'effet global de la nature disparaît et l'effet du niveau pour les informations structurales est observé. Pour les patients, la DTA affecte quelque peu la capacité à utiliser cette stratégie basée sur l'imagerie mentale visuelle. Pour cette population, seul un des deux indicateurs est présent et se maintient au cours du suivi : l'absence d'effet du niveau pour les informations structurales est observable en version imagée (Expérience 9) alors qu'en version verbale (Expérience 10), cet effet du niveau pour les informations structurales est observé. Concernant le deuxième indicateur (effet global de la nature) ; celui-ci produit seulement une tendance lors de la première passation, puis disparaît définitivement au cours des passations suivantes.

3.

L'évolution des performances des patients dans la version strictement verbale (Expérience 10, suivi longitudinal et Expérience 11 réalisée auprès de patients DTA modérés et sévères) met en évidence un effet particulier de la DTA sur l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire. Cet effet est observable à travers les effets de cette pathologie sur l'indépendance des niveaux de traitement de l'information : cette indépendance est conservée avec la pathologie mais, au fur et à mesure de l'évolution de la maladie, elle s'exprime avec des indices différents. Pour les sujets adultes jeunes et les contrôles âgés, l'indépendance des deux niveaux de stockage se manifeste (1) à travers l'effet significatif du niveau (les informations de niveau d'entrée sont mieux et plus rapidement traitées que celles du niveau supra-ordonné) et (2) à travers l'observation d'une sensibilité différente de chacun de ces deux niveaux à la nature de l'information. Le niveau d'entrée est le niveau privilégié pour le traitement des informations fonctionnelles alors que le niveau supra-ordonné l'est pour les informations structurales. Avec la pathologie, ces deux indices disparaissent : la progression de la DTA entraîne la disparition de l'effet du niveau et de la sensibilité spécifique de chacun des niveaux à la nature de l'information. Mais, parallèlement, un nouvel indicateur de l'indépendance entre les niveaux de la hiérarchie émerge : la pathologie affecte alors différemment les connaissances contenues à chacun de ces niveaux :

—

Les informations supra-ordonnées deviennent rapidement difficiles à récupérer en mémoire. Toutefois, le stock de ces connaissances est préservé. Pour récupérer ces connaissances de niveau supra-ordonné, les patients mettent en place une stratégie basée sur un compromis entre rapidité et exactitude : en prenant plus de temps, ils parviennent à récupérer les informations correctes. Mais cette stratégie trouve ensuite ses limites avec la progression de la pathologie : ces connaissances ne sont plus disponibles (perte du stock), les taux d'erreurs pour ces informations supra-ordonnées augmentent alors fortement. De plus, nous pouvons préciser que ce sont d'abord les informations supra-ordonnées fonctionnelles (plutôt que structurales) qui sont les premières affectées par cette pathologie.

—

Les informations de niveau d'entrée sont relativement préservées en début de pathologie, alors que les informations supra-ordonnées sont déjà affectées. Puis, la progression de la pathologie provoque la perte du stock de ces connaissances. Les sujets mettent alors plus de temps pour tenter de récupérer ces propriétés en mémoire mais n'y parviennent pas. Les informations de niveau d'entrée structurales (plutôt que fonctionnelles) sont les premières affectées.

CONCLUSION GENERALE

Cette thèse proposait d'étudier à travers plusieurs populations la question de la mise en place, de l'organisation et de la déstructuration des connaissances sémantiques en mémoire. Sans prétendre couvrir tous les âges de la vie, cette recherche est résolument développementale, avec une approche surtout transversale (enfants, jeunes adultes et personnes âgées présentant ou pas une DTA), mais aussi longitudinale (patients DTA).

Pour chacune de ces populations, une de nos préoccupations a été de prendre en compte la spécificité de domaine, à la fois à propos des connaissances impliquées et des traitements qu'elles autorisent. Pour cela, nous avons utilisé des paradigmes variés mettant en oeuvre des principes inférentiels : épreuves d'induction, de choix forcé, de vérification de propriétés... Nous les avons préférés aux épreuves classiques de regroupement, ces dernières ne favorisant pas toujours la mise en oeuvre des compétences catégorielles les plus élaborées.

Une originalité de ce travail a été de mettre en place et d'utiliser à travers différentes expériences du matériel non familier (dessins et propriétés), rendant nécessaire l'utilisation de connaissances générales de domaine plutôt que de connaissances plus spécifiques.

Nos expériences réalisées auprès d'enfants de 3 à 11 ans ont permis de mettre en évidence que ces connaissances relatives au domaine plutôt qu'à propos d'exemplaires particuliers, sont utilisées de façon particulièrement précoce et sont même parfois préférées par les enfants. Lorsqu'ils sont confrontés à des dessins non familiers représentant des animaux ou des artefacts, ils sont en mesure de raisonner à partir de

connaissances vraies pour l'ensemble du domaine auquel cet objet appartient et non pas uniquement à propos de connaissances relevant d'exemplaires spécifiques. Nos travaux permettent donc de souligner l'importance des connaissances de domaine dans la construction des concepts chez les enfants, sans toutefois remettre en cause l'existence de connaissances plus spécifiques qui, elles aussi, contribueraient à la mise en place des concepts. Parallèlement à l'utilisation de connaissances de domaine pour raisonner, les enfants restent sensibles à la familiarité des objets présentés. Aussi, nos expériences apportent un élément de réponse quant à la controverse à propos du caractère linéaire et unidirectionnel du développement de catégories de niveaux hiérarchiques différents : nous pensons que connaissances de domaine et connaissances de niveau "de base" interagissent dans cette construction.

Nos expériences montrent que l'utilisation parfaite des connaissances de domaine est permise à des âges différents selon le domaine de connaissances impliqué. Les enfants semblent en effet maîtriser plus précocement les connaissances à propos des animaux plutôt qu'à propos des artefacts. Le décalage différent du développement des domaines de connaissances que nous observons apporte un argument supplémentaire aux théories actuelles du développement de l'enfant qui défendent l'existence d'un mode de construction spécifique pour chacun des domaines de connaissances. La construction et l'organisation des connaissances pour le domaine Animal seraient sous-tendues par un réseau de relations causales alors que pour le domaine des Artefacts, un tel mode de construction et d'organisation n'existerait pas, la base constituante étant plutôt basée sur la seule fonction des objets pour ce domaine.

Partant de ce constat de non-équivalence des domaines Animal et Artefact, nous avons choisi de nous intéresser à l'organisation des connaissances pour le domaine des êtres vivants chez les adultes. Nos différentes études valident notre hypothèse de l'existence d'une organisation hiérarchique ou taxonomique pour les attributs des objets en mémoire et non plus seulement pour les noms des objets. Ainsi, les attributs qui définissent un même objet seraient stockés à différents niveaux : niveau d'entrée, niveau supra-ordonné ontologique et niveau supra-ordonné de domaine (notons que cette distinction entre différents niveaux supra-ordonnés est particulièrement originale). Chacun de ces niveaux serait indépendant. Cette indépendance se manifeste à travers trois indices : (1) des effets différents du changement de niveau de traitement d'un même objet entre deux jugements successifs de cet objet (rappelons que, pour un même objet, le traitement d'un attribut de niveau supra-ordonné n'entrave pas le traitement ultérieur d'un attribut de niveau d'entrée alors que l'ordre inverse de traitement produit une inhibition), (2) une utilisation non systématique des indices facilitant la vérification des informations à chacun de ces niveaux, et (3) une sensibilité différente de chacun de ces niveaux à la nature (fonctionnelle ou structurale) de l'information.

Concernant cet effet différent de la nature de l'information suivant les deux niveaux de stockage, l'expérience réalisée avec la technique de l'IRMf apporte des résultats fondamentalement nouveaux. En effet, alors que l'influence de la nature fonctionnelle ou structurale était toujours étudiée indirectement à travers l'opposition entre les catégories Animal et Artefact, nous montrons que, au sein d'un même domaine de connaissances (celui des animaux) ces effets peuvent être étudiés et ainsi comparés directement. Pour le

domaine des animaux, les traits activent un réseau d'aires cérébrales différent de celui mis en oeuvre pour le traitement des propriétés structurales et ceci même lorsque les connaissances sont récupérées au niveau supra-ordonné, ce qui implique vraisemblablement une inférence catégorielle. La localisation de ces aires indique qu'elles sont directement liées à la perception ou à l'exécution de ces propriétés.

Les travaux conduits auprès des personnes âgées mettent en évidence que l'organisation des connaissances telle que nous l'avons décrite pour les sujets adultes jeunes se maintient au cours du vieillissement. Ces passations auprès de sujets adultes âgés ne présentant pas de pathologie particulière permettent également de montrer la préservation des capacités d'imagerie (et plus particulièrement de complément et de scanning) avec le vieillissement. Au-delà de cette observation, les expériences réalisées auprès des personnes âgées permettent de distinguer les effets du vieillissement des effets de la pathologie sur l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire. Nos travaux conduits auprès de différents groupes de patients atteints de DTA confirment que cette pathologie affecte l'organisation des connaissances sémantiques en mémoire et permettent de préciser le décours de cette détérioration. L'organisation hiérarchique des connaissances sur les attributs disparaît progressivement et l'indépendance entre les niveaux, sans disparaître totalement, s'exprime de façon différente au cours de la progression de la pathologie : le niveau d'entrée et le niveau supra-ordonné sont affectés de manière qualitativement différente par la DTA.

Par ailleurs, notons que la prise en compte des temps de réponse des patients et non pas simplement des taux d'erreurs comme cela est très souvent le cas dans les expériences réalisées auprès de ces patients, permet de mettre en évidence des effets de la DTA non révélés jusqu'alors. Comme nous l'avons vu, les études rapportent classiquement une perte des informations spécifiques au cours de la DTA alors que les informations plus générales semblent relativement préservées, tout du moins au début de la pathologie. Cette observation est conforme à nos résultats car c'est effectivement pour les informations de niveau d'entrée (et plus précisément les informations structurales) que la perte du stock des connaissances débute (cette dernière se traduisant par une augmentation du temps de réponse corrélée à une augmentation du taux d'erreurs entre les patients DTA débutants et modérés, pour ces seuls attributs). Pourtant, dès la première passation de l'expérience en version verbale, nos résultats suggéraient la mise en place d'une stratégie particulière pour les informations supra-ordonnées fonctionnelles. Le suivi longitudinal ainsi que les passations conduites auprès des deux groupes de patients plus affectés par la pathologie ont montré que ce compromis entre rapidité et exactitude était spécifiquement développé par les patients pour faire face aux difficultés qu'ils rencontraient pour le traitement des informations de niveau supra-ordonné. La seule prise en compte des taux d'erreurs n'aurait pas permis une telle observation et aurait alors conduit à occulter l'effet initial de la DTA sur les informations de niveau supra-ordonné. Ainsi, la prise en compte conjointe des temps de réponse et des taux d'erreurs nous permet d'affirmer que la DTA affecte dans un premier temps l'accès aux informations de niveau supra-ordonné mais que, pendant un certain temps, les patients mettent en place une stratégie basée sur un compromis entre rapidité et exactitude pour lui faire face ; puis, la DTA conduit à une perte du stock des connaissances de niveau

d'entrée. Enfin, lorsque la stratégie palliative trouve ses limites, la perte du stock des connaissances supra-ordonnées survient.

Ce travail montre donc que la prise en compte des temps de réponse des patients est fondamentale. Nous pensons qu'il serait particulièrement intéressant de développer d'autres tests en prenant en considération ce critère. Peut-être que cette variable dépendante permettra de mettre en évidence des indicateurs subtiles et spécifiques à la DTA. Ainsi, ces travaux trouveraient une application directement pratique, éventuellement comme outils d'aide au diagnostic. Nous pouvons noter que dans cette optique, nos deux épreuves de vérification de propriétés (version verbale et version image) sont utilisées ponctuellement au sein du service de Neurologie de l'Hôpital Bellevue de Saint Etienne. Leurs passations ont par exemple permis de préciser le diagnostic de démence sémantique pour la patiente JR. Cette patiente, âgée de 58 ans, présentait un manque du mot grandissant (noms des fleurs, noms des animaux...) que les batteries de tests classiquement utilisées ne parvenaient pas à objectiver. La passation de nos deux épreuves (version verbale et imagée), ainsi que celle du questionnaire de sémantique général élaborée par O. Moreaud dans le cadre de sa thèse (2000) ont permis de révéler des déficits particulièrement fins pour cette patiente⁶⁵. Cette contribution montre donc toute l'importance de l'application de tels tests à des cas "pratiques".

D'autres pistes de recherche ultérieures émergent de cette thèse. Par exemple, concernant les travaux auprès des enfants, nous pensons qu'un suivi longitudinal serait particulièrement précieux pour observer plus en détails la construction des connaissances conceptuelles et ce, particulièrement entre trois et sept ans, une période apparaissant comme charnière pour l'élaboration de ces connaissances. De plus, la tâche d'induction (Expérience 3) que nous avons réalisée pour les enfants est actuellement intégrée dans plusieurs recherches dont une portant sur les connaissances conceptuelles chez les enfants dysphasiques. Chez ces enfants, les données montrent que l'ajout d'informations verbales dans l'épreuve incite ces enfants à produire d'avantage d'inférences catégorielles que perceptives. Malgré les difficultés langagières massives des enfants dysphasiques, ces derniers parviennent tout de même à tirer un bénéfice de la présence d'informations verbales. La mise en évidence de ce bénéfice montre tout l'intérêt pour ces enfants d'une prise en charge laissant une large part au contexte langagier.

Lors de cette thèse, nous avons également élaboré plusieurs projets d'expériences portant particulièrement sur le domaine des artefacts. Nous souhaitons connaître et quantifier l'importance de dimensions telles que la fonction de l'objet, l'intention de l'utilisateur envers cet objet, l'influence de l'utilisation d'un objet dans un rôle autre que celui qui lui est habituellement associé... car peu de choses sont connues à propos des bases constitutives de ce domaine des artefacts. La poursuite de ces travaux est un de nos objectifs.

⁶⁵ Le cas de cette patiente a fait l'objet d'une récente communication lors de la Réunion de la Région Sud-Est (Lebrun, Collomb-Lazzerini, Thomas-Antérion & Laurent, 2002).

BIBLIOGRAPHIE

A

- Ahn, W. K. (1998). Why are different features central for natural kinds and artefacts? The role of causal status in determining feature centrality. *Cognition*, 69(2), 135-178.
- Ahn, W. K., Gelman, S. A., Amesterlaw, J. A. , Hohenstein, J., & Kalish, C. W. (2000). Causal status effect in children's categorization. *Cognition*, 76(2), 35-43.
- Ahn, W. K., Kim, N. S., Lassaline M. E., & Dennis, M. J. (2000). Causal status as a determinant of feature centrality. *Cognitive Psychology*, 41(4), 361-416.
- Albanese, E., Capitani, E., Barbarotto, R., & Laiacona, M. (2000). Semantic category dissociations, familiarity and gender. *Cortex*, 36(5), 733-746.
- Albert, M., & Milberg, W. (1989). Semantic processing in patients with Alzheimer's disease. *Brain and Language*, 37, 163-171.
- American Psychiatric Association (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (fourth edition) : DSM IV*. Washington DC: American Psychiatric Association.
- Anderson, J. R. (1983). A spreading activation theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 261-295.

B

- Backsheider, A. G., Shatz, M., & Gelman, S. A. (1993). Preschoolers' ability to distinguish living kinds as a function of regrowth. *Child Development*, 64,1242-1257.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working Memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baeckman, L., Small, B. J., & Wahlin, A. (2001). Aging and memory: Brain and biological perspectives. In J. E. Birren, & K. W. Schaie (Eds.), *Handboock of psychology of aging* (pp.349-377). (5th ed.) San Diego, CA: Academic Press.
- Baillargeon, R., & DeVos, J. (1991). Object permanence in young infants: Further evidence. *Child Development*, 62(6), 1227-1246.
- Baillargeon, R., & Graber M. (1987). Where is the rabbit? 5.5-month-old infants' representation of the height of hidden object. *Cognitive Development*, 2, 375-392.
- Balaban, M., & Waxman, S. R. (1997). Do words facilitate object categorization in 9-month-old infants? *Journal of Experimental Child Psychology*, 64(1), 3-26.
- Balota, D. A., & Duchek, J. M. (1991). Semantic priming effects, lexical repetition effects, and contextual disambiguation effects in healthy aged individuals and individuals with senile dementia of the Alzheimer type. *Brain and Language*, 40, 181-201.
- Banigan, R. L., & Mervis, C. B. (1988). Role of adult input in young children's category evolution: An experimental study. *Journal of Child Language*, 15(3), 193-504.
- Bardin, A. (2002). *Taille et couleur dans l'imagerie mentale visuelles*. Manuscrit de Maîtrise de psychologie cognitive, Université Lumière Lyon 2.
- Bauer, P. J., & Mandler, J. M. (1989). Taxonomies and triads: Conceptual organisation

- in one- to two-year-olds. *Cognitive Psychology*, 21(2), 156-184.
- Bayles, K. A., Tomoeda, C. K., & Trosset, M. W. (1990). Naming and categorical knowledge in Alzheimer's disease: The process of semantic memory deterioration. *Brain and Language*, 39, 498-510.
- Beauvois, M. F., & Saillant B. (1985). Optic aphasia for colour and colour agnosia: A distinction between visual and visuo-verbal impairments in the processing of colours. *Cognitive Neuropsychology*, 2, 1-48.
- Bedoin, N. (1992). *Etude de l'articulation de différentes procédures mentales dans les activités sémantiques : exemples de la lecture et de la catégorisation*. Thèse de doctorat de psychologie, Université Lumière Lyon 2.
- Bedoin, N. (1998, september). *Phonological feature activation in visual word recognition*. XI Congress of the European Society for Cognitive Psychology ESCOP, Jerusalem, Israel.
- Bedoin, N. (1999). Constraints on induction in a verbal and perceptual conflicting task: Familiarity, biological and psychological attributes in early infancy. *Proceeding of the 1st bisontine conference for Conceptual and Linguistic Development in the Child aged from 1 to 6 year* (pp.1-6). Besançon, France.
- Bedoin, N. (soumis). *Sensitivity to voicing similarity in printed stimuli: Effect of a training programme in dyslexic children*. *Journal of Phonetics*.
- Bedoin, N., Baciú, M., Honoré-Masson, S., Vernier, M. P., Koenig, O., & Segebarth, C. (en préparation). *Neural basis for semantic categorization and attribute knowledge retrieval in living things: an fMRI investigation*.
- Bedoin, N., & Brédard, C. (2001, octobre). *Apprentissage d'objets nouveaux et spécificité des catégories dans les premiers stades de la maladie d'Alzheimer*. VIème Réunion Francophone sur la Maladie d'Alzheimer et les Syndromes Apparentés et Réunion Internationale de la Société Française de Neurologie sur les Démences, Bordeaux, France.
- Bedoin, N., & Dissard, P. (1992). Quantification de l'analogie et concept de spécicalité. In M. Brissaud, M. Grange & N. Nicoloyannis (Eds.), *Intelligence artificielle et sciences humaines* (pp. 73-91). Paris : Hermès.
- Bedoin, N., Baciú, M., Honoré, S., Vernier, M. P., Koenig, O., & Segebarth, C. (2001, september). *Retrieving structural and functional attributes about living things at different levels of hierarchy: An fMRI investigation*. XIIth conference of the European Society for Cognitive Psychology (ESCOP), Edinburg, Scotland.
- Behl-Chadha, G. (1996). Basic-level and superordinate-like categorical representations in early infancy. *Cognition*, 60(2), 105-141.
- Bertenthal, B. I., Proffitt, D. R., Spetner, N. B., & Thomas, M. A. (1985) The development of infant sensitivity to biomechanical motions. *Child Development*, 56(3), 531-543
- Biederman, I., & Cooper, E. E. (1991). Priming contour-deleted images: Evidence for intermediate representations in visual object recognition. *Cognitive Psychology*, 23, 393-419.
- Biederman, I., & Ju, G. (1988). Surface versus edge-based determinants of visual

- recognition. *Cognitive Psychology*, 20, 38-64.
- Bijeljac-Babic, R., Biardeau, A., & Grainger, J. (1997). Masked orthographic priming in bilingual word recognition. *Memory and Cognition*, 25(4), 447-457.
- Bird, T. D. (1994). Familial Alzheimer's disease. *Annals of Neurology*, 36, 335-335.
- Bloom, P. (1996). Intention, history and artifact concepts. *Cognition*, 60(1), 1-29.
- Bloom, P. (1998). Theories of artifact categorization. *Cognition*, 66(1), 87-93.
- Bloom, P. (2002). Mindreading, communication and the learning of names for things. *Mind and Language*, 17(1-2), 37-54.
- Bolla, K. I., Lindgreen, K. N., Bonaccorsy, C., & Bleecker, M. L. (1991). Memory complaints in older adults. Fact or fiction? *Archives of Neurology*, 48(1), 61-64.
- Bomba, P. C., & Siqueland, E. R. (1983). The nature and structure of infant form categories. *Journal of Experimental Child Psychology*, 35, 294-328.
- Bosman, A. M. T., & van Orden, G. C. (1998). Pourquoi l'orthographe est-elle plus difficile que la lecture ? In L. Rieben, M. Fayol, & C. A. Perfetti (Eds.), *Des orthographes et leur acquisition* (pp. 207-230). Lausanne : Delachaux et Niestlé.
- Boucart, M. (1996). *La reconnaissance des objets*. Grenoble : Presses Universitaire de Grenoble.
- Bowen, J., Teri, L., Kukull, W. & McCornick, W. (1997). Progression to dementia in patients with isolated memory loss. *The Lancet*, 349, 763-765.
- Boyer, P., Bedoin, N., & Devinck, F. (2000). Typicality evaluated by speciality can predict performances in a categorisation task. *International Journal of Psychology*, 35, 288.
- Boyer, P., Bedoin, N., & Honoré, S. (2000). Relative contributions of kind- and domain-level concepts to expectations concerning unfamiliar exemplars: Developmental change and domain differences. *Cognitive Development*, 15(4), 457-479.
- Boyer, P. (2001). *Et l'homme créa les dieux : comment expliquer la religion*. Paris : Robert Laffont.
- Brown, H. D., Kosslyn, S. M., & Dror, I. E. (1998). Aging and scanning of imagined and perceived visual images. *Experimental Aging Research*, 24(2), 181-194.
- Bruyer, R., & Scailquin, J. C. (2000). Effects of aging on the generation of mental images. *Experimental Aging Research*, 26(4), 337-351.
- Buxbaum, L. J., Veramonti, T., & Schwartz, M. F. (2000). Function and manipulation tool knowledge in apraxia: Knowing "what for" but not "how". *Neurocase*, 6(2), 83-97.

C

- Cappa, S. F., Frugoni, M., Pasquali, P., Perani, D., & Zorat, F. (1998). Category-specific naming impairment for artefact: A new case. *Neurocase*, 4, 391-397.

- Cappa, S. F., Perani, D., Schnur, T., Tettamanti, M., & Fazio, F. (1998). The effects of semantic category and knowledge type on lexical-semantic access: A PET study. *NeuroImage*, 8(4), 350-359.
- Capitani, E., Laiacona, M., & Barbarotto, R. (1999). Gender affects word retrieval of certain categories in semantic fluency tasks. *Cortex*, 35, 273-278.
- Capitani, E., Laiacona, M., Barbarotto, R., & Trivelli, C. (1994). Living and non-living categories. Is there a "normal" asymmetry? *Neuropsychologia*, 32(12), 1453-1463.
- Caramazza, A. (2000). Minding the facts: A comment on Thompson-Schill et al.'s "A neural basis for category and odality specificity of semantic knowledge". *Neuropsychologia*, 38, 944-949.
- Caramazza, A., & Shelton, R. (1998). Domain-specific knowledge systems in the brain: The animate-inanimate distinction. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 1-34.
- Caramazza, A., Hillis, A. E., Rapp, B. C., & Romani, C. (1990). The multiple semantic hypothesis: Multiple confusions? *Cognitive Neuropsychology*, 7, 161-189.
- Cardebat, D., Démonet, J. F., Puel, M., Nespoulous, J. L., & Rascol, A. (1991). Langage et démence. In M. Habib, Y. Joanette, & M. Puel (Eds.), *Démences et syndromes démentiels. Approche neuropsychologique* (pp. 153-164). Paris : Masson.
- Cardebat, D., Doyon, B., Puel, M., Goulet P., & Joanette, Y. (1990). Evocation lexicale sémantique et formelle chez des sujets normaux. Performances et dynamiques de production en fonction du sexe, de l'âge et du niveau d'étude. *Acta Neurologica Belgium*, 90, 207-217.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S. (1988). Conceptual differences between children and adults. *Mind and Language*, 3, 167-181.
- Case, R. (1985). *Intellectual development*. Birth to adulthood. New York: Academic Press.
- Case, R. (1987). Neo-piagetian theory: Restrospect and prospect. *International Journal of Psychology*, 22, 571-607.
- Chainay, H., & Rosenthal, V. (1996). Naming and picture recognition in probable Alzheimer's disease: Effects of color, generic category, familiarity, visual complexity and shape similarity. *Brain and Cognition*, 30(3), 403-405.
- Chalamet-Mathiolon, S. (2001). *Forme, taille et couleur dans l'imagerie mentale visuelle chez les enfants*. Manuscrit de Maîtrise de psychologie cognitive, Université Lumière Lyon 2.
- Chang, T. M. (1986). Semantic memory: Facts and models. *Psychological Bulletin*, 99(2), 199-220.
- Chao, L. L., Haxby, J. V., & Martin, A. (1999). Attribute-based neural substrates in temporal cortex for perceveing and knowing about objects. *Nature Neuroscience*, 2, 913-919
- Chao, L. L., & Martin, A. (2000). Representation of manipulable man-made objets in the dorsal stream. *NeuroImage*, 12, 478-484.
- Chavand, H., & Bedoin, N. (1998, Septembre). *Phonetic activations in visual word*

recognition: The role of Place and Manner of articulation. Communication affichée à la conférence du European Society for Cognitive Psychology (ESCP), Jerusalem, Israel.

- Chertkow, H., Bub, D., & Caplan, D. (1992). Categories of Knowledge? Unfamiliar aspects of living and non-living things. *Cognitive Neuropsychology*, 9(2), 135-153.
- Chertkow, H., Bub, D., & Seidenberg, M. (1989). Priming and semantic memory loss in Alzheimer's disease. *Brain and Language*, 36, 420-446.
- Chertkow, H., Bub, D., Bergman, H., Bruemmer, A., Merling, A., & Rothfleisch, J. (1994). Increased semantic priming in patients with dementia of the Alzheimer's type. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16, 608-622.
- Coffey, C. E., Wilkinson, W. E., Parashos, I. A., Soady, S. A., Sullivan, R. J., Patterson, L. J., Figiel, G. S., Webb, M. C., Spritzer, C. E., & Djang, W. T. (1992). Quantitative cerebral anatomy of the aging human brain: A cross-sectional study using magnetic resonance imaging. *Neurology*, 42(3), 527-536.
- Coley, J. D., Medin, D. L., Proffitt, J. B., Lynch, E., & Atran, S. (1999). Inductive reasoning in folkbiology thought. In D. Medin, & S. Atran (Eds.), *Folkbiology* (pp.205-232). Cambridge, MA : MIT Press.
- 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.
- Colombo, J., O'Brien, M., Mitchell, D. W., Roberts, K., & Horowitz, F. D. (1987). A lower boundary for category formation in preverbal infants. *Journal of Child Language*, 14, 383-385.
- Corbetta, M., Miezin, F. M, Dobmeyer, G. L., Shulman, G. L., & Petersen, S. E. (1991). Selective and divided attention during visual discriminations of shape, color and speed: Functional anatomy by positron emission tomography. *Journal of Neuroscience*, 11, 2383-2402.
- Corder, E. H., Saunders, A. M., Strittmatter, W. J., Schmechel, D., Gaskell, P., Small, G. W., Roses, A. D., Haines, J. L., & Pericak-Vance, M. A. (1993). Gene dose of apolipoprotein E type 4 allele and the risk of Alzheimer's disease in late onset families. *Science*, 261, 921-923.
- Cordier, F., & Labrell, F. (2000). L'enfant et la catégorisation : le traitement des propriétés des objets. *Psychologie Française*, 45(2), 103-112.
- Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information-processing system. *Psychological Bulletin*, 104, 163-191.
- Cowell, P. E., Turetsky, B. I., Gur, R. C., Grossman, R. I., Shtasel, D. L., & Gur, R. E. (1994). Sex differences in aging of the human frontal and temporal lobes. *Journal of Neuroscience*, 14(8), 4748-4755.
- Craik, F. I. (1986). A functional account of age differences in memory. In F. Klix, & K. W. Schaie (Eds.), *Handbook of the psychology of aging* (pp. 384-420). New York: Van Nostrand Reinhold.

- Craik, F. I., & Dirks, E. (1992). Age-related differences in three tests of visual imagery. *Psychology and Aging, 7*, 661-665.
- Cregger, M. E., & Rogers, W. A. (1998). Memory for activities for young, young-old, and old adults. *Experimental Aging Research, 24*(2), 195-202.

D

- Dalla Barba, G., Parlato, V., Iavarone, A., & Boller, F. (1995). Anosognosia, intrusions and frontal functions in Alzheimer's disease and depression? *Neuropsychologia, 33*, 247-259.
- Daly, E., Zaitchik, D., Copeland, M., Schmahmann, J., Gunther, J., & Albert, M., (2000). Predicating conversion to Alzheimer disease using standardized clinical information. *Archives of Neurology, 57*(5), 675-680.
- Damasio, H., Grabowski, T. J., Tranel, D., Hichwa, R. D., & Damasio A. R. (1996). A neural basis for lexical retrieval. *Nature, 380*, 499-505.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Behavioral, 19*, 450-466.
- Dapretto, M., & Bjork, E. L. (2000). The development of word retrieval abilities in the second year and its relation to early vocabulary growth. *Child Development, 71*(3), 635-648.
- Dartigues, J. F., Fabrigoule, C., Letenneur, L., Amieva, H., Thiessard, F., & Orgogozo, J. M. (1997). Epidemiology of memory disorders, *Thérapie, 52*(5), 503-506.
- Dartigues, J. F., Gagnon, M., & Michel, P. (1991). Le programme de la recherche PAQUID sur l'épidémiologie de la démence. Méthodes et résultats initiaux. *Revue Neurologique, 147*, 225-230.
- De Renzi, E., & Lucchelli, F. (1994). Are semantic systems separately represented in the brain? The case of living category impairment. *Cortex, 30*(1), 3-25.
- Dehaene, S. (1995). Electrophysiological evidence for category-specific word processing in the normal human brain. *NeuroReport, 6*, 2153-2157.
- D'Esposito, M., Detre, J. A., Aguirre, G. K., Alsop, D. C., Tippet, L. J., & Farah, M. J. (1997). A functional MRI study of mental image generation. *Neuropsychologia, 35*, 725-730.
- Derouesné, C. (1992). Performances cognitives objectives et plainte mnésique. *Psychologie médicale, 24*(10), 1075-1085.
- Devinck, F. (1999). *La spécificité : un critère inter-catégoriel pour la quantification de la typicalité dans une tâche de catégorisation de figures géométriques*. Manuscrit de DEA de psychologie cognitive, Université Lumière Lyon 2.
- Devlin, J. T., Gonnerman, L. M., Andersen, E. S., & Seidenberg, M. S. (1998). Category-specific semantic deficits in focal and widespread brain damage: A computational account. *Journal of Cognitive Neuroscience, 10*(1), 77-94.

- Devlin, J. T., Russel, R. P., Davis, M. H., Price, C. J., Moss, H. E., Jalal Fadili, M., & Tyler, L.K. (2002). Is there an anatomical basis for category-specificity? Semantic memory studies in PET and fMRI. *Neuropsychologia*, 40, 54-75.
- Dror, I. E., & Kosslyn, S. M. (1994). Mental imagery and aging. *Psychology and Aging*, 9(1), 90-102.
- Dubois, B., Hahn-Barma, V., Beato, R., Schlachetsky, A., Guichart-Gomez, E., Pillon, B., & Deweer, B. (2001). Déclin cognitif léger ou maladie d'Alzheimer au stade pré-démontiel ? *L'Année Gérologique*, 15, 157-162.
- Duncan, J. (1995). Attention, intelligence and frontal lobes. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neuroscience* (pp. 721-735). Cambridge, MA: MIT Press.

E

- Efklides, A., Yiultsi, E., Kangelidou, T., Kounti, F., Dina, F., & Tsolaki, M. (2002). Wechsler Memory Scale, Rivermead Behavioral Memory Test and Every day Memory Questionnaire in healthy adults and Alzheimer's patients. *European Journal of Psychological Assessment*, 18(1), 63-77.
- Eimas, P. D., & Quinn, P. C. (1994). Studies on the formation of perceptually-based basic-level categories in young infants. *Child Development*, 65(3), 903-917.
- Epstein, R., & Kanwisher, N. (1998). A cortical representation of the local visual environment. *Nature*, 392, 598-601.
- Estes, W. K. (1986). Memory storage and retrieval processes in category learning. *Journal of Experimental Psychology : General*, 115, 155-174.
- Eustache, F., Desgranges, B., Guillery, B., & Lebreton, K. (2000). Les conceptions "multisystèmes" de la mémoire : principales bases empiriques et évolutions actuelles. *Revue de Neuropsychologie*, 10(1), 5-26.

F

- Farah, M. J. (1995). Current issues in neuropsychology of image generation. *Neuropsychologia*, 33, 1455-1471.
- Farah, M. J., Hammond, K. M., Mehta, Z., & Ratcliff, G. (1989). Category-specificity and modality-specificity in semantic memory. *Neuropsychologia*, 27(2), 193-200.
- Farah, M. J., & McClelland, J. L. (1991). A computational model of semantic memory impairment: Modality specificity and emergent category specificity. *Journal of Experimental Psychology : General*, 120(4), 339-357.
- Farah, M. J., Peronnet, F., Weisberg, L. L., & Monheit, M. A. (1989). Brain activity

- underlying mental imagery: Event-related potentials during image generation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1, 302-316.
- Farrar, M. J., Raney, G. E., & Boyer, M. E., (1992). Knowledge, concepts, and inferences in childhood. *Child Development*, 63(3), 673-691.
- Fargier, M., Thomas Antérion, C., Honoré-Masson, S., Girtanner, C., & Gonthier, R. (soumis) *Consultation "Mémoire" en Neurologie et en Gériatrie : exigences de qualités communes et caractères spécifiques*. L'Année Gériatologique.
- Ferrand, L., Segui, J., & Grainger, J. (1995). Amorçage phonologique masqué et dénomination. *L'année Psychologique*, 95, 645-659.
- Fletcher, P. C., Frith, C. D., Baker, S. C., Shallice, T., Frackowiak, R. S. J., & Dolan, R. J. (1995). The mind's eye : Precuneus activation in memory-related imagery. *Neuroimage*, 2, 195-200.
- Fisher, K. W. (1980). A theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills. *Psychological Review*, 87, 477-531.
- Fontaine, R. (1999). *Manuel de psychologie du vieillissement*. Paris : Dunod.
- Frith, C. D., Friston, K. J., Liddle, P. F., & Frackowiak, R. S. J. (1991). A PET study of word finding. *Neuropsychologia*, 29, 1137-1148.
- Fung, T. D., Chertkow, H., Murtha, S., Whatmough, C., Peloquin, L., Whitehead, V., & Templeman, F. D. (2001). The spectrum of category effects in object and action knowledge in dementia of the Alzheimer's type. *Neuropsychology*, 15(3), 371-379.
- Fung, T. D., Chertkow, H., & Templeman, F. D. (2000). Pattern of semantic memory impairment in dementia of Alzheimer's type. *Brain and Cognition*, 43(1-3), 200-205.
- Funnel, E., & Sheridan, J. (1992). Categories of knowledge ? Unfamiliar aspects of living and non-living things. *Cognitive Neuropsychology*, 9, 135-153.
- Funnel, E., & De Mornay Davis, J. B. R. (1996). A reassessment of concept familiarity and category-specific disorder for living things. *Neurocase*, 2, 461-474.

G

- Gaffan, D., & Heywood, C. A. (1993). A spurious category-specific visual agnosia for living things in normal human and non human primates. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 118-128.
- Gagnon, M., Dartigues, J. F., & Mazaux, J. M. (1994). Self-reported memory complaints and memory performance in elderly French community residents : results of the PAQUID research program. *Neuroepidemiology*, 13, 145-154.
- Garrard, P., Patterson, K., Watson, P. C., & Hodges, J. R. (1998). Category specific semantic loss in dementia of Alzheimer's type. Functional-anatomical correlations from cross-sectional analyses. *Brain*, 121, 633-646.
- Gelman, R. (2000). Domain specificity and variability in cognitive development. *Child*

- Development*, 71(4), 854-856.
- Gelman, R. (1990). First principles organize attention and learning about relevant data: Number and the animate-inanimate distinction as examples. *Cognitive Science*, 14, 79-106.
- Gelman, S. A. (1988). The development of induction within natural kind and artifact categories. *Cognitive Psychology*, 20, 65-95
- Gelman, S. A., & Coley, J. D. (1991). The importance of knowing a dodo is a bird: Categories and inferences in 2-year-old children. *Developmental Psychology*, 26(5), 796-804.
- Gelman, S. A., Coley, J. D., & Gottfried, G. M., (1994). Essentialist beliefs in children: The acquisition of concepts and theories. In L. A. Hirschfeld & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 341-365). New York, US: Cambridge University Press.
- Gelman, S. A., & Kremer, K. E. (1991). Understanding natural cause: Children's explanations of how objects and their properties originate. *Child Development*, 62(2), 396-414.
- Gelman, S. A., & Markman, E. M. (1986). Categories and induction in young children. *Cognition*, 23(3), 183-209.
- Gelman, S. A., & Markman, E. M. (1987). Young children's inductions from natural kinds: The role of categories and appearances. *Child Development*, 58(6), 1532-1541.
- Gelman, S. A., & Wellman, H. M. (1991). Insides and essences: Early understanding of the non-obvious. *Cognition*, 38(3), 213-244.
- Gentner, D., & Namy, L. L. (1999). Comparison in the development of categories. *Cognitive Development*, 14(4), 487-513.
- Gershkoff-Stowe, L. (2002). Object naming, vocabulary growth, and the development of word retrieval abilities. *Journal of Memory and Language*, 46, 665-687.
- Giffard, B., Desgranges, B., Nore-Mary, F., Lalevee, C., de la Sayette, V., Pasquier, F., & Eustache, F. (2001). The nature of semantic memory deficits in Alzheimer's disease: new insights from hyperpriming effects. *Brain*, 124(8), 1522-1532.
- Giffard, B., Desgranges, B., Nore-Mary, F., Lalevee, C., Beaunieux, H., de la Sayette, V., Pasquier, F., & Eustache, F. (2002). The dynamic time course of semantic memory impairment in Alzheimer's disease: clues from hyperpriming and hypoprimer effects. *Brain*, 125(9), 2044-2057.
- Gilinsky, A., & Judd, B. (1994). Working memory and bias in reasoning across the life span. *Psychology and Aging*, 9, 356-371.
- Goldenberg, G., Podreka, I., Steiner, M., Willmes, K., Suess, E., & Deecke, L. (1989). Regional cerebral blood flow patterns in visual imagery. *Neuropsychologia*, 27, 641-664.
- Goldstein, F., Green, J., Presley, R., & Green, R. (1992). Dysnomia in Alzheimer's disease: An evaluation of neurobehavioral subtypes. *Brain and Language*, 43, 308-322.
- Gonnerman, L. M., Andersen, E. S., Devlin, J. T., Kempler, D., & Seidenberg, M. S.

- (1997). Double dissociation of semantic categories in Alzheimer's disease. *Brain and Language*, 57(2), 254-279.
- Gopnik, A., & Sobel, D. (2000). Detectingblickets: How young children use information about novel causal powers in categorization and induction. *Child Development*, 71(5), 1205-1222.
- Graf, P., & Schacter, D. L. (1985). Implicit and explicit memory for new associations in normal subjects and amnesic patients. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 11, 501-516.
- Grafton, S. T., Fadiga, L., Arbib, M. A., & Rizzolatti, G. (1997). Premotor cortex activation during observation and naming of familiar tools. *NeuroImage*, 6, 231-236.
- Grasby, P. M., Frith, C. D., Friston, K. J., Bench, C., Frackowiak, R. S. J., & Dolan, R. J. (1993). Functional mapping of brain areas implicated in auditory-verbal memory function. *Brain*, 116, 1-20.
- Grossman, M., Robinson, K., Biassou, N., White-Devine, T., & D'Esposito, M. (1998). Semantic memory in Alzheimer's disease: Representativeness, ontologic category, and material. *Neuropsychology*, 12(1), 34-42.
- Grut, M., Jorm, A. F., Fratiglioni, L., Forsell, Y., Viitanen, M., & Winblad, B. (1993). Memory complaints of elderly people in a community survey: variation according to dementia stage and depression. *Journal American Geriatric Society*, 41, 1295-1300.

H

- Hartman, M. (1991). The use of semantic knowledge in Alzheimer's disease: Evidence for impairments of attention. *Neuropsychologia*, 29, 213-228.
- Hartman, M., & Hasher, L. (1991). Aging and suppression: Memory or previously irrelevant information. *Psychology and Aging*, 6, 587-594.
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension and aging: A review and a new view. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*. (pp. 193-225). Orlando: Academic Press.
- Hatano, G., & Inagaki, K. (1994). Young children's naive theory of biology. *Cognition*, 50(1-3), 171-188.
- Hatano, G., & Inagaki, K. (1999). A developmental perspective on informal biology. In D. Medin, & S. Atran (Eds.), *Folkbiology* (pp. 321-354). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Hauw, J. J., Vignolo, P., Duyckaerts, C., Beck, H., Forette, F., Henry, J. F., Laurent, M., Piette, F., Sachet, A., & Berthaux, P. (1986). Etude neuropathologique de 12 centenaires. *Revue Neurologique*, 142, 107-115.
- Haxby, J. V., Ungerleider, L. G., Clark, V. P., Schouten, J. L., Hoffman, E. A., & Martin, A. (1999). The effect of face inversion on activity in human neural systems for face and object perception. *Neuron*, 22(1), 189-199.
- Hickling, A. K., & Gelman, S. A. (1995). How does your garden grow? Evidence of an

- early conception of plants as biological kinds. *Child Development*, 66, 856-876.
- Hillis, A. E., & Caramazza, A. (1991). Category-specific naming and comprehension impairment: A double dissociation. *Brain*, 114(5), 2081-2094.
- Hintzman, D. L. (1984). MINERVA 2: A simulation model of human memory. *Behavior Research, Methods, Instruments, and Computers*, 16, 96-101.
- Hodges, J., & Patterson, K. (1995). Is semantic memory concictently impaired early in the course of Alzheimer's disease? Neuroanatomical and diagnostic implications. *Neuropsychologia*, 33, 441-449.
- Hodges, J. R., Patterson, K., Graham, N., & Dawson, K. (1996). Naming and knowing in dementia of Alzheimer's type. *Brain and Language*, 54(2), 302-325.
- Hodges, J., Salmon, D., & Butters, N. (1992). Semantic memory impairment in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 30(4), 301-314.
- 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*, 7(6), 418-439.
- Honoré, S. (1999). *Statut cognitif des attributs dans la hiérarchie catégorielle : arguments dans des tâches de jugement sémantique, d'amorçage et de rappel*. Manuscrit de DEA de psychologie cognitive, Université Lumière Lyon 2.
- Honoré, S., Boyer, P., & Bedoin, N. (1999, september). *Ontological organisation in distinctiveness effect*. XIth Conference of the European Society of Cognitive Psychology (ESCOP), Ghent, Belgium.
- Honoré-Masson, S., Thomas-Antérion, C., Bedoin, N., & Laurent, B. (2001, novembre). *Influence du mode d'accès à l'information en mémoire sémantique chez les patients DTA et leurs sujets contrôles*. Forum Alzheimer Rhône-Alpes des Professionnels, (FARAP), Bron, France.
- Houdé, O. (1992). *Catégorisation et développement cognitif*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Huff, F. J., Corkin, S., & Growdon, J.H. (1986). Semantic impairment and anomia in Alzheimer's disease. *Brain and Language*, 28, 235-249.
- Huff, F. J., Growdon, J. H., & Corkin, S. (1992). Deterioration on the Blessed Information-Memory-Concentration Test in Alzheimer's disease. *Psychiatry Research*, 44(2), 167-168.
- Hulstaert, F., Blennow, K., Ivanoiu, A., Schoonderwaldt, H. C., Riemenschneider, M., De Deyn, P. P., Bancher, C., Cras, P., Wiltfang, J., Mehta, P. D., Iqbal, K., Pottel, H., Vanmechelen, E., & Vanderstichele, H. (1999). Improved discrimination of AD patients using beta-amyloid(1-42) and tau levels in CSF. *Neurology*, 52(8), 1555-1562.
- Hummel, J. E., & Biederman, I. (1992). Dynamic binding in a neural network for shape recognition. *Psychological Review*, 99, 480-517.
- Humphrey, G. K., Goodale, M. A., Jakobson, L. S., & Servos, P. (1994). The role of surface information in object recognition: Studies of a visual form agnosic and normal subjects. *Perception*, 23, 1457-1481.

I

- Inagaki, K. (1990). The effects of raising animals on children's biological knowledge. *British Journal of Developmental Psychology*, 8(2), 119-129.
- Inagaki, K., & Hatano, G. (1993). Young children's understanding of the mind-body distinction. *Child Development*, 64(5), 1534-1549.
- Inagaki, K., & Hatano, G. (1996). Young children's recognition of commonalities between Animals and Plants. *Child Development*, 67(6), 2823-2840.
- Inagaki, K., & Sugiyama, K. (1988). Attributing human characteristics: Developmental changes in over- and under- attribution. *Cognitive Development*, 3, 55-70.
- Isingrini, M., Fontaine, R., Grellier, A., & Sauger, V. (1990). Vieillissement et déficit mnémonique : effets des indices catégoriels et spécifiques dans le rappel d'une liste de mot. *L'Année Psychologique*, 90, 511-528.
- Isingrini, M., Hauer, K., & Fontaine, R. (1996). Effet du vieillissement sur les réponses basées sur la familiarité et sur la recherche en situation de reconnaissance. *L'Année Psychologique*, 96, 255-273.
- Isingrini, M., Vazou, F., & Leroy, P. (1995). Dissociation of implicit and explicit memory tests: Effect of age and divided attention on category exemplar generation and cued recall. *Memory and Cognition*, 23, 462-467.

J

- Jack, C. R., Petersen, R. C., O'Brien, P. C., & Tangalos, E. G. (1992). MR-based hippocampal volumetry in the diagnosis of Alzheimer's disease. *Neurology*, 42(1), 183-188.
- Jenkins, I. H., Brooks, D. J., Nixon, P. D., Frackowiak, R. S., & Passingham R. E. (1994). Motor sequence learning: A study with positron emission tomography. *Journal of Neuroscience*, 14(6), 3775-3790.
- Job, R., Miozzo, M., & Sartori, G. (1993). On the existence of category-specific impairments. A reply to Parkin and Stewart. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A, 511-6.
- Jolicoeur, P., Gluck, M. A., & Kosslyn, S. M. (1984). Pictures and names: Making the connection. *Cognitive Psychology*, 16, 243-275.

K

- Kanwisher, N., McDermott, J., & Chun, M. M. (1997). The fusiform face area: A module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *Journal of Neuroscience*, 17(11), 4302-4311.
- Kay, J., & Hanley, J. R. (1999). Person-specific knowledge of biological categories. *Cognitive Neuropsychology*, 16(2), 171-180.
- Klatka, L. A., Schiffer, R. B., Powers, J. M., & Kazee, A. M. (1996). Incorrect diagnosis of Alzheimer's disease. A clinipathologic study. *Archives of Neurology*, 53(1), 35-42.
- Keil, F. C. (1986). The acquisition of natural terms and artifacts terms. In W. Desmopoulos, & A. Marras (Eds.), *Language learning and concept acquisition: Foundational issues*. Norwood, NJ: Ablex.
- Keil, F. C. (1989). *Concepts, kinds, and cognitive development*. Cambridge, MA, US: The MIT Press.
- Keil, F. C. (1994). The birth and nurturance of concept of domains: The origins of concepts of living things. In L. A. Hirschfeld, & S. A. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 234-254). New York, US: Cambridge University Press.
- Kemler Nelson, D. G. (1995). Principle based inferences in young children's categorization: Revisiting the impact of function on the naming of artifacts. *Cognitive Development*, 10(3), 347-380.
- Kosslyn, S. M., Alpert, N. M., Thompson, W. L., Chabris, C. F., Rauch, S. L., & Anderson, A. K. (1994). Identifying objects seen from different viewpoints: A PET investigation. *Brain*, 117, 1055-1071.
- Kosslyn, S. M., Alpert, N. M., & Thompson W. L. (1995). Identifying objects at different levels of hierarchy: A positron emission tomography study. *Human Brain Mapping*, 3, 1-24.
- Kosslyn, S. M., & Koenig, O. (1992). *Wet Mind: The New Cognitive Neuroscience*. New York: Free Press
- Kurbat, M. A., & Farah, M. J. (1998). Is the category-specific deficit for living things spurious? *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(4), 355-361.

L

- Laiacina, M., Barbarotto, R., & Capitani, E. (1993). Perceptual and associative knowledge in category specific impairment of semantic memory: A study of two case.

Cortex, 29, 727-740.

- Laiacina, M., Barbarotto, R., & Capitani, E. (1998). Semantic category dissociations in naming: Is there a gender affect in Alzheimer's patients ? *Neuropsychologia*, 36(5), 407-419.
- Laiacina, M., Capitani, E., & Barbarotto, R. (1997). Semantic dissociations: A longitudinal study of two cases. *Cortex*, 33, 441-461.
- Laiacina, M., Luzatti, C., Zonca, G., Guarnaschelli, C., & Capitani, E. (2001). Lexical and semantic factors influencing picture naming in aphasia. *Brain and Cognition*, 46(1/2), 184-187.
- Laine, M., Rinne, J. O., Hiltunen, J., Kaasinen, V., & Sipilä, H. (2002). Different brain activation patterns during production of animals versus artefacts: a PET activation study on category-specific processing. *Cognitive Brain Research*, 13, 95-99.
- Lambon Ralph, M. A., Graham, K. S., Ellis, A. W., & Hodges, J. R. (1998). Naming in semantic dementia: What matters ? *Neuropsychologia*, 36(8), 775-784.
- Lambon Ralph, M. A., Howard, D., Nightingale, G., & Ellis, A. W. (1998). Are living and non-living category-specific deficits causally linked to impaired perceptual or associative knowledge? Evidence from a category-specific double dissociation. *Neurocase*, 4, 311-338.
- Landau, B., Smith, L. B., & Jones, S. (1998). Object shape, object function, and object name. *Journal of Memory and Language*, 38, 1-27.
- Laws, K. R. (1999). Gender affects naming latencies for living and non living things: Implication for familiarity. *Cortex*, 35(5), 729-733.
- Le Clec'h, G., Dehaene, S., Cohen, L., Mehler, J., Dupoux, E., Poline, J. B., Lehericy, S., van de Moortele, P. F., & Le Bihan, D. (2000). Distinct cortical areas for names of numbers and body parts independent of language and input modality. *Neuroimage*, 12(4), 381-391.
- Lebrun, C., Collomb-Lazerini, K., Thomas-Antérion, C., & Laurent, B. (2002, novembre). *J'oublie le nom des fleurs*. Réunion de la Région Sud-Est, Grenoble, France
- Ledansers, Y. (1996). Approche de la plainte mnésique et des réponses apportées. In B. Michel, B. Soumireu-Mourat, & B. Dubois (Eds.), *Système limbique et maladie d'Alzheimer* (pp.71-84). Solal : Marseille.
- Legerstee, M. (1991). The role of person and object in eliciting early imitation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 51(3), 423-433.
- Leslie, A. M., & Keeble, S. (1987). Do six-month-old infants perceive causality? *Cognition*, 25(3), 265-288.
- Leube, D. T., Erb, M., Grodd, W., Bartels, M., & Kircher, T. T. J. (2001). Activation of right fronto-temporal cortex characterizes the "living" category in semantic processing. *Cognitive Brain Research*, 12(3), 425-430.

M

- Magnie, M. N., Ferreira, C., Giusiano, B., & Poncet, B. (1999). Category specificity in object agnosia: Perservation of sensorimotor experiences related to objects. *Neuropsychologia*, 37(1), 67-74.
- Mandler, J. M., & Bauer P. J. (1988). The cradle of categorization: Is the basic level basic? *Cognitive Development*, 3, 247-264.
- Mandler, J. M., Bauer P. J., & McDonough, L. (1991). Separating the sheep from the goats: Differentiation global categories. *Cognitive Psychology*, 23, 263-298.
- Mandler, J. M., & McDonough, L. (1993). Concept formation in infancy. *Cognitive Development*, 8, 291-318.
- Mandler, J. M. (2000). Perceptual and conceptual processes in infancy. *Journal of Cognition and Development*, 1(1), 3-36.
- Margolin, D. I., Pate, D. S., & Friedrich, F. J. (1996). Lexical priming by pictures and words in normal aging and in dementia of the Alzheimer's type. *Brain and Language*, 54, 275-301.
- Marques, J. F. (2000). The "living things" impairment and the nature of semantic memory organisation: An experimental study using PI-release and semantic cues. *Cognitive Neuropsychology*, 17(8), 683-707.
- Martin, A. (1992). Semantic knowledge in patients with Alzheimer's disease: Evidence for degraded representations. In L. Baeckman (Ed.), *Memory functioning in Dementia. Advances in Psychology* (pp. 119-150). Amsterdam: North Holland.
- Martin, A., & Chao, L. L. (2001). Semantic memory and the brain: Structure and processes. *Current Opinion in Neurobiology*, 11(2), 194-201.
- Martin, A., Wiggs, C. L., & Ungerleider, L. G. (1996). Neural correlates of category-specific knowledge. *Nature*, 379, 649-652.
- Massey, C. M., & Gelman, R. (1988). Preschooler's ability to decide whether a photographed object can move itself. *Developmental Psychology*, 24, 307-317.
- McCarthy R. A., & Warrington E. K. (1988). Evidence for modality-specific meaning systems in the brain. *Nature*, 334, 428-430.
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: Part 1. An account of basic findings. *Psychological Review*, 88, 375-407.
- McGregor, K. K., Friedman, R. M., Reilly, R. M., & Newman, R. M. (2002). Semantic representation and naming in young children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 45(2), 332-346.
- McKenna, P., & Parry, R. (1994). Category specificity in the naming of natural and man-made objects: Normative data from adults and children. *Neuropsychological Rehabilitation*, 4, 225-281.
- Medin, D. L. (1989). Concepts and conceptual structure. *American Psychologist*, 44, 1469-1481.
- Medin, D. L., & Schaffer, M. M. (1978). Context theory of classification learning. *Psychological Review*, 85(3), 207-238.

- Mehta, Z., Newcombe, F., & De Hann, E. (1992). Selective loss of imagery in a case of visual agnosia. *Neuropsychologia*, 30, 645-655.
- Menon, V., Anagnoson, R. T., Glover, G. H., & Pfefferbaum, A. (2000). Basal ganglia involvement in memory-guided movement sequencing. *Neuroreport*, 11(16), 3641-5.
- Mervis, C. B. (1987). Child-basic object categories and early lexical development. In U. Neisser (Ed.), *Concept and conceptual development: Ecological and intellectual factors in categorization*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Metz-Lutz, M. N., Kremin, H., Deloche, G., Hannequin, D., Ferrand, I., Perrier, D., Quint, S., Dordain, M., Bunel, G., Cardebat, D., Larroque, C., Lota, A. M., Pichard, B., & Blavier, A. (1991). Standardisation d'un test de dénomination orale : contrôle des effets de l'âge, du sexe et du niveau de scolarité chez les sujets adultes normaux. *Revue de Neuropsychologie*, 1(1), 73-95.
- Miller, J. L., & Bartsch, K. (1997). The development of biological explanation: Are children vitalists? *Developmental Psychology*, 33(1), 156-164.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Milner, B. (1966). Amnesia following operation on the temporal lobes. In C. W. M. Whitty, & O. L. Zangwill (Eds.), *Amnesia* (pp. 109-133). London: Butterworths.
- Monsch, A. U., Bondi, M. W., Butters, N., Salmon, D. P., Katzman, R., & Thal, L. J. (1992). Comparisons of verbal fluency tasks in the detection of dementia of Alzheimer type. *Archives of Neurology*, 49(9), 1253-1258.
- Monsell, S. (1991). The nature and locus of word frequency effects in reading. In D. Besner, & G. W. Humphreys (Eds.), *Basic processes in reading: Visual word recognition*. (pp. 148-197). London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Montanes, P., Goldblum, M. C., & Boller, F. (1995). The naming impairment of living and nonliving items in Alzheimer's disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 1, 39-48.
- Montanes, P., Goldblum, M. C., & Boller, F. (1996). Classification deficits in Alzheimer's disease with special reference to living and non living things. *Brain and Language*, 1, 335-358.
- Moore, C. J., & Price, C. J. (1999). A functional neuroimaging study of the variables that generate category-specific object processing differences. *Brain*, 122, 943-962.
- Moreaud, O. (2000). *Connaissances sémantiques et maladie d'Alzheimer : apport de la neuropsychologie cognitive*. Thèse de doctorat de neuropsychologie, Université Claude Bernard Lyon 1.
- Morris, J. C., Storandt, M., Miller, J. P., McKeel, D. W., Price, J. L., Rubin, E. H. & Berg, L. (2001). Mild Cognitive Impairment represents early-stage Alzheimer disease. *Archives of Neurology*, 58(3), 397-410.
- Morton, J. A. (1969). The interaction of information in word recognition. *Psychological Review*, 76, 165-178.
- Moss, H. E., & Tyler, L. K. (2000). A progressive category-specific semantic deficit for non living things. *Neuropsychologia*, 38(1), 60-82.
- Moss, H. E., Tyler, L. K., Durrant Peatfield, M., & Bunn, E. M. (1998). Two eyes of a

see-through: Impaired and intact semantic knowledge in a case of selective deficit for living things. *Neurocase*, 4, 291-310.

Mummery, C. J., Patterson, K., Hodges, J. R., & Price, C. J. (1998). Functional neuroanatomy of the semantic system: Divisible by what ? *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10(6), 766-777.

Murphy, G., & Medin, D. (1985). The role of theories in conceptual coherence. *Psychological Review*, 92, 289-316.

Murphy, D. G., DeCarli, C., McIntosh, A. R., Daly, E., Mentis, M. J., Pietrini, P., Szczepanik, J., Schapiro, M. B., Grady, C. L., Horwitz, B., & Rapoport, S. I. (1996). Sex differences in human brain morphometry and metabolism: An in vivo quantitative magnetic resonance imaging positron emission tomography study on the effect of aging. *Archives of General Psychiatry*, 53(7), 585-594.

N

Nasr-Wyler, A., Pellerin, J., & Piette, F. (1998). Le vieillissement cognitif normal. *Revue Gériatrique*, 23, 131-138.

Nazzi, T., & Gopnik, A. (2001). Linguistic and cognitive abilities in infancy: When does language become a tool for categorization? *Cognition*, 80(3), 11-20.

Nebes, R. D. (1989). Semantic memory in Alzheimer's disease. *Psychological Bulletin*, 106(3), 377-394.

Nebes, R. D., Brady, C. B., & Huff, F. J. (1989). Automatic and attentional mechanisms of semantic priming in Alzheimer's disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 11, 219-230.

Nebes, R. D., Martin, D. C., & Horn, L. C. (1984). Sparing of semantic memory in Alzheimer's disease. *Journal of Abnormal Psychology*, 9, 321-330.

Nelson, K. (1985). *Making sense: The acquisition of shared meaning*. Orlando, FL: Academic Press.

Nevers, B. (2000). *Implication des mécanismes d'activation, d'intégration et de construction sur la nature d'une trace mnésique : étude des effets de fréquence sur l'amorçage de répétition*. Thèse de doctorat de psychologie, Université Lumière Lyon 2.

Nosofsky, R. M. (1986). Attention, similarity, and the identification-categorization relationship. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 39-57.

Nyberg, L., Cabeza, R., & Tulving, E. (1996). PET studies of encoding and retrieval: The HERA model. *Psychonomic Bulletin and Review*, 3, 135-148.

O

- Ober, B., & Shenaut, G. (1988). Lexical decision and priming in Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 26, 273-286.
- Ober, B., Shenaut, G., Jagust, W. J., & Stillman, R. C. (1991). Automatic semantic priming with various category relations in Alzheimer's disease and Normal aging. *Psychology and Aging*, 6, 647-660.
- Ober, B., & Shenaut, G. (1999). Well-organized conceptual domains in Alzheimer's disease. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 5(7), 676-684.
- O'Connor, M., Butters, N., Miliotis, P., & Eslinger, P. (1992). The dissociation of anterograde and retrograde amnesia in a patient with herpes encephalitis. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 14, 159-178.
- Organisation Mondiale de la Santé (1992). *Classification internationale des troubles mentaux et des troubles du comportement. Descriptions cliniques et directives pour le diagnostic*. Paris : Masson.
- Osherson, D. N., Smith, E. E., Wilkie, O., Lopez, A., & Shafir, E. (1990). Category based induction. *Psychological Review*, 97, 185-200.

P

- Pasquier, F. (1995). Classification des démences : critères cliniques et fondamentaux. In F. Eustache & A. Agniel (Eds.), *Neuropsychologie clinique des démences : évaluations et prises en charge* (pp.19-33). Marseille : Solal.
- Pasquier, F., Lebert, F., Grymonprez, L., & Petit, H. (1995). Verbal fluency in dementia of frontal lobe type and dementia of Alzheimer type. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 58, 81-84.
- Passingham, R.E. (1997). *The frontal lobes and voluntary action*. Oxford University Press : Oxford.
- Pauen, S. (1996). Children's reasoning about the interaction of forces. *Child Development*, 67(6), 2728-2742.
- Pauen, S. (2000). Early differentiation within the animate domain: Are humans something special? *Journal of Experimental Child Psychology*, 75(2), 134-151
- Perani, D., Schnur, T., Tettamanti, M. Gorno-Tempini, M., Cappa, S. F., & Fazio, F. (1999). Word and picture matching: A PET study of semantic category effects. *Neuropsychologia*, 37, 293-306.
- Kremin, H., Perrier, D., De Wilde, M., Le Bayon, A., Gatignol, P., Rabine, C., Corbineau, M., Lehoux, E., Dordain, M., & Arabia, C. (1999, décembre). *DENO 100 : paradigme expérimental et test clinique de dénomination orale et contrôlée*. Réunion d'hiver de la Société de Neurologie de Langue Française (SNLF), Paris, France.
- Perry, C. (1999). Testing a computational account of category-specific deficit. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(3), 312-320.

- Peters, A., Leahy, D., Moss, M. B., & Mc Nally, R. (1994). The effect of aging on area 46 of the frontal cortex of the rhesus monkey. *Cerebral Cortex*, 4(6), 621-635.
- Petersen, S. E., Fox, P. T., Posner, M. I., Mintun, M., & Raichle, M. E. (1988). Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single-word processing. *Nature*, 331, 585-589.
- Petersen, R. C., Smith, G. E., Glenn, E., Waring, S. C., Ivnik, R. J., Tangalos, E. G., & Kokmen, E. (1999). Mild Cognitive Impairment. *Archives of Neurology*, 56(3), 303-310.
- Petrovich, O. (1999). Preschool children's understanding of the dichotomy between the natural and the artificial. *Psychological Reports*, 84(1), 3-27.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1991). *La genèse des structures logiques élémentaires. Classifications et sériation* (5^{ème} édition). Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neurosciences*, 13, 25-42.
- Prasada, S. (2000). Acquiring generic knowledge. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(2), 66-71.
- Price, C. J., & Humphreys, G. W. (1989). The effects of surface detail on object categorization and naming. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 797-828.
- Puzenat, D. (1997). *Parallélisme et Modularité des Modèles Connexionnistes*. Thèse de doctorat d'informatique, Ecole normale supérieure de Lyon.

Q

- Quinn, P. C., & Eimas, P. D. (1996). Perceptual cues that permit categorical differentiation of animal species by infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, 63(1), 189-211.
- Quinn, P. C., Eimas, P. D., & Rosenkrantz, S. L. (1993). Evidence for representations of perceptually similar natural categories by 3-month and 4-month-old infants. *Perception*, 22, 463-475.
- Quinn, P. C., Eimas, P. D., & Tarr, M. J. (2001). Perceptual categorization of cat and dog silhouettes by 3- to 4-month-old infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79(1), 78-94.

R

- Ranganath, C., & Paller, K. A. (1999). Frontal brain activity during episodic and

- semantic retrieval: Insights from event-related potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(6), 598-609.
- Rasmussen, T., Schliemann, T., Sorensen, J. C., Zimmer, J., & West, M. J. (1996). Memory impaired aged rats: no loss of principal hippocampal and subicular neurons. *Neurobiology of Aging*, 17, 143-147.
- Raz, N., Gunning, F. M., Head, D., Dupuis, J. H., McQuain, J., Briggs, S. D., Loken, W. J., Thornton, A. E., & Acker, J. D. (1997). Selective aging of the human cerebral cortex observed in vivo: differential vulnerability of the prefrontal gray matter. *Cerebral Cortex*, 7(3), 268-282.
- Resnick, S. M., Goldszal, A. F., Davatzikos, C., Golski, S., Kraut, M. A., Metter, E. J., Bryan, R. N., & Zonderman, A. B. (2000). One-year age changes in MRI brain volumes in older adults. *Cerebral Cortex*, 10(5), 464-472.
- Reynaud, E., & Puzenat, D. (2001). A multisensory identification system for robotics. *IJCNN'2001, International Conference on Neural Networks*. Washington: USA.
- Reynaud, E. (2002). *Modélisation connexionniste d'une mémoire associative multimodale*. Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Richards, D. D., Goldfarb, J., Richards, A. L., & Hassen, P. (1989). The role of the functionality rule in the categorization of well-defined concepts. *Journal of Experimental Child Psychology*, 47, 97-115.
- Riddoch, M. J., & Humphreys, G. W. (1987). Visual object processing in optic aphasia: A case of semantic access agnosia. *Cognitive Neuropsychology*, 4, 131-185.
- Ritchie, K. (1995). Senile dementia of the Alzheimer's type: Epidemiology and public health issues. *Facts and Research in Gerontology*, 2(sppl), 13-29.
- Roberts, K. (1988). Retrieval of a basic-level category in prelinguistic infants. *Developmental Psychology*, 24, 21-27.
- Rosch, E. (1975). Cognitive representations of semantic categories. *Journal of Experimental Psychology : General*, 104(3), 192-233.
- Rosch, E., Mervis, C. B., Gray, W. D., Johnson, D. M., & Boyes-Braem, P. (1976). Basic objects in natural categories. *Cognitive Psychology*, 8, 382-439.
- Rosser, A., & Hodges, J. R. (1994). Initial letter and semantic category fluency in Alzheimer's disease, Huntington's disease, and progressive supranuclear palsy. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 57, 1389-1394.
- Rosengren, K. S., Gelman, S. A., Kalish, C. W., & McCormick, M. (1991). As time goes by: Children's early understanding of growth in animals. *Child Development*, 62, 1302-1320.
- Rousset, S. (2000). Les conceptions "système unique" de la mémoire : aspects théoriques. *Revue de Neuropsychologie*, 10(1), 27-51.

S

- Sailor, K. M., Bramwell, A., & Griesing, T. A. (1998). Evidence for an impairment ability to determine semantic relations in Alzheimer's patients. *Neuropsychology*, 12(4), 555-564.
- Saine, K., Cullum, C. M., Martin-Cook, K., Hynan, L., Svetlik, D. A., & Weiner, M. F. (2002). Comparison of functional and cognitive donepezil effects in Alzheimer's disease. *International Psychogeriatrics*, 14(2), 181-186
- Salmon, D. P., Heindel, W. C., & Lange, K. L. (1999). Differential decline in word generation from phonemic and semantic categories during the course of Alzheimer's disease: Implications for the integrity of semantic memory. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 5(7), 692-703.
- Sartori, G., Miozzo, M., & Job, R. (1993). Category specific semantic impairment? Yes. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A, 489-504.
- Samson, D., Pillon, A., & De Wilde, V. (1998). Impaired knowledge of visual and non-visual attributes in a patient with a semantic impairment for living entities: A case of a true category-specific deficit. *Neurocase*, 4(4-5), 273-290.
- Saykin, A. J., Flashman, L. A., Frutiger, S. A., Johnson, S. C., Mamourian, A. C., Moritz, C. H., O'Jile, J. R., Riordan, H. J., Santulli, R. B., Smith, C. A., & Weaver, J. B. (1999). Neuroanatomic substrates of semantic memory impairment in Alzheimer's disease: Patterns of functional MRI activation. *Journal of International Neuropsychological Society*, 5(5), 377-392.
- Schmand, B., Jonker, C., Hooijer, C., & Lindeboom, J. (1996). Subjective memory complaints may announce dementia. *Neurology*, 46(1), 121-125.
- Schmidt, S. R. (1996). Category typicality effects in episodic memory: Testing models of distinctiveness. *Memory and Cognition*, 24(5), 595-607.
- Schofield, P. W., Jacobs, D., Marder, K., Sano, M., & Stern, Y. (1997). The validity of new memory complaints in the elderly. *Archives of Neurology*, 54(6), 756-761.
- Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological review*, 9, 523-568.
- Selemon, L. D., & Goldman-Rakic, P. S. (1985). Longitudinal topography and interdigitation of corticostriatal projections in the rhesus monkey. *Journal of Neuroscience*, 5, 776-794.
- Selkoe, D. J. (2001). Alzheimer's disease: Genes, proteins, and therapy. *Physiological reviews*, 81(2), 741-766.
- Shallice, T., & Warrington, E. K. (1970). Independent functioning of verbal memory stores: A neuropsychological study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22, 261-273.
- Sheridan, J., & Humphreys, G. W. (1993). A verbal semantic category-specific recognition impairment. *Cognitive Neuropsychology*, 10(2), 143-184.
- Shook, B. L., Schlag-Rey, M., & Schlag, J. (1991). Primate supplementary eye field. II. Comparative aspects of connections with the thalamus, corpus striatum, and related forebrain nuclei. *Journal of Comparative Neurology*, 307, 562-583.
- Shuttleworth, E. C., & Huber, S. J. (1988). The naming disorder of dementia of Alzheimer type. *Brain and Language*, 34, 222-234.

- Silveri, M. C., Daniele, A., Giustolisi, L., & Gainotti, G. (1991). Dissociation between knowledge of living and nonliving things in dementia of the Alzheimer type. *Neurology*, 41(4), 545-560.
- Siegler, R. S. (2001). *Enfant et raisonnement. Le développement cognitif de l'enfant* (3ème édition). Paris : De Boeck Université.
- Simons, D. J., & Keil, F. C. (1995). An abstract to concrete shift in the development of biological thought: The insides story. *Cognition*, 56(2), 129-163.
- Silveri, M. C., & Gainotti, G. (1988). Interaction between vision and language in category-specific semantic impairment. *Cognitive Neuropsychology*, 5, 677-709.
- Simons, J. S., Graham, K. S., Owen, A. M., Patterson, K., & Hodges, J. R. (2001). Perceptual and semantic components of memory for objects and faces: A PET study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13(4), 430-443.
- Sirigu, A., Duhamel, J. R., & Poncet, M. (1991). The role of sensorimotor experience in object recognition. A case of multimodal agnosia. *Brain*, 114(6), 2555-2573.
- Slater, A. M. (1989). Visual memory in early infancy. In A. M. Slater, & G. Bremner (Eds.), *Infant development* (pp. 43-71). Hove, UK: Lawrence Erlbaum Associates Ltd.
- Sloman, S. A. (1998). Categorical inference is not a tree: The myth of inheritance hierarchies. *Cognitive Psychology*, 35(1), 1-33.
- Small, S. A., Perera, G. M., DeLaPaz, R., Mayeux, R., & Stern, Y. (1999). Differential regional dysfunction of the hippocampal formation among elderly with memory decline and Alzheimer's disease. *Annals of Neurology*, 45(4), 466-472.
- Smith, S., Faust, M., Beeman, M., Kennedy, L., & Perry, D. (1995). A property level analysis of lexical semantic representation in Alzheimer disease. *Brain and Language*, 49, 263-279.
- 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.
- Snodgrass, J. G., & Vanderwart, M. (1980). A standardized set of 260 pictures: Norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of Experimental Child Psychology: Human, Learning and Memory*, 6(2), 174-215.
- Soja, N. N., Carey, S., & Spelke, E. S. (1992). Perception, ontology and word-meaning. *Cognition*, 45(1), 101-107.
- Spelke, E. S. (1994). Initial knowledge: Six suggestions. *Cognition*, 50(1-3), 431-445.
- Spelke, E. S., Phillips, A., & Woodward, A. L. (1995). Infants' knowledge of object motion and human action. In D. Sperber, D. Premack, & A. Premack (Eds.), *Causal cognition: A multidisciplinary debate* (pp. 44-78). Oxford: Oxford University Press.
- Spitzer, M., Kwong, K. K., Kennedy, W., Rosen, B. R., & Belliveau, J. W. (1995). Category-specific brain activation in fMRI during picture naming. *NeuroReport*, 6, 2109-2112.
- Spitzer, M., Kischka, U., Gückel, F., Bellemann, M. B., Kammer, T., Seyyedi, S., Weisbrod, M., Schwartz, A., & Brix, G. (1998). Functional magnetic resonance imaging of category-specific cortical activation: Evidence for semantic maps. *Cognitive Brain Research*, 6, 309-319.

- Squire, L. R. (1987). *Memory and Brain*. New York: Oxford University Press
- Stewart, F., Parkin, A. J., & Hunkin, N. M. (1992). Naming impairments following recovery from herpes simplex encephalitis: Category-specific? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44A, 261-284.
- Sullivan, E. V., Marsh, L., Mathalon, D. H., Lim, K. O., & Pfefferbaum, A. (1995). Age-related decline in MRI volumes of temporal lobe gray matter but not hippocampus. *Neurobiology of Aging*, 16(4), 591-606.

T

- Taconnat, L., & Isingrini, M. (1996). Memoire et vieillissement : effet du niveau de difficulté d'une tache de production en situation de rappel libre. *L'Année Psychologique*, 96(1), 67-84.
- Thomas, R. M., & Michel, C. (1994). *Théories du développement de l'enfant : Études comparatives*. Bruxelles : De Boeck-Wesmael.
- Thomas-Antérion, C., Cadet, L., Dirson, S. & Laurent, B. (2002). Présentations amnésiques des troubles obsessionnels compulsifs. *L'Encéphale*, 154-159.
- Thomas-Antérion, C., Dirson, S., Foyatier-Michel, N., Laurent B., & Michel, D. (1997). Plainte Mnésique et anxiété. *L'Encéphale*, 23, 42-47.
- Thomas-Antérion, C., Ribas, C., Honoré-Masson, S., Berne, G., Ruel, J. H., & Laurent, B. (soumis) *Le questionnaire de Plainte Mnésique (QPM) : un outil de recherche de plainte suspecté d'évoquer une maladie d'Alzheimer*. L'année Gériatologique.
- Thomas-Antérion, C., Cadet, L., Dirson, S., & Foyatier-Michel, N. (2001). Organisation des consultations de mémoire : points de vue et besoins des médecins généralistes (à propos d'une enquête menée auprès des correspondants d'un centre-mémoire). *L'Année Gériatologique*, 15, 148-156.
- Thomas-Antérion, C., Honoré, S., Cougny, H., Grosmaître, C., & Laurent, B. (2001). Apport de l'épreuve d'évocation lexicale du Set Test dans le dépistage de la maladie d'Alzheimer. *Revue Neurologique*, 157(11), 1377-1382.
- Thomas-Antérion, C., Moreaud O., Girtanner, C., Buatier, H., Kiledjian, E., Gallice, I., Croisile, B., Honoré, S., Grange, T., Picot, F., Berne, G., Baraton, G., & Chapuy, P. H. (2002). Réflexions autour d'un dossier minimum commun pour le diagnostic des syndromes démentiels en région Rhône-Alpes. *L'Année Gériatologique*, 16, 193-205.
- Thompson-Schill, S. L., Aguirre, G. K., D'Esposito, M., & Farah, M. J. (1999). A neural basis for category and modality specificity of semantic knowledge. *Neuropsychologia*, 37, 671-676.
- Thompson-Schill, S. L., & Gabrieli, J. D. E. (1999). Priming of visual and functional knowledge on a semantic classification task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 25(1), 41-53.

- Tröster, A., Salmon, D., MacCullough, D., & Butters, N., (1989). A comparison of the category fluency deficits associated with Alzheimer's disease and Huntington's disease. *Brain and Language*, 37, 500-513.
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving, & W. Donaldson (Eds.), *Organization of Memory* (pp.381-403). New York: Academic Press.
- Tulving, E. (1984). Precis 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. (1987). Multiple memory systems and consciousness. *Human Neurobiology*, 6, 67-80.
- Tulving, E. (1995). Organization of memory: Quo vadis? In L. R. Squire, N. M. Weinberger, G. Lynch, & J. L. McGaugh (Eds.), *Memory: Organization and locus of change* (pp.3-32). New York: Oxford University Press.
- Tulving, E., Schacter, D. L., McLachlan, D. R., & Moscovitch, M. (1988). Priming of semantic autobiographical knowledge: A case study of retrograde amnesia. *Brain and Cognition*, 8, 3-20.
- Tversky, B., & Hemenway, D. (1984). Objects, parts, and categories. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113(2), 169-193.
- Tyler, L. K., Moss, H. E., Durrant-Peatfield, M. R., & Levy, J. P. (2000). Conceptual structure of concept: A distributed account of category-specific deficits. *Brain and Language*, 75, 195-231.

V

- Van der Linden, M., Wyns, C., von Frenkell, R., Coyette, F., & Seron, X. (1989). *Le QAM : questionnaire d'auto-évaluation de la mémoire*. Manuel d'utilisation. Bruxelles : Editest.
- Versace, R., Augé, A., Thomas-Antérion, C., & Laurent, B. (2002). Affective priming effects in the left and right cerebral hemispheres in patients with Alzheimer's disease. *Aging, Neuropsychology and Cognition*, 9(2), 127-134.
- Visser, P. J., Scheltens, P., Verhey, F. R., Schmand, B., Launer, L. J., Jolles, J., & Jonker, C. (1999). Medial temporal lobe atrophy and memory dysfunction as predictors for dementia in subjects with mild cognitive. *Journal of Neurology*, 246(6), 477-485.
- Vital-Durand, F. (1998). Développement et vieillissement de la perception visuelle. In M. Boucart, M. Henaff, & C. Belin (Eds.), *Vision : Aspects perceptifs et cognitifs* (pp. 133-148). Marseille : Solal.

W

- Ward, S. E. (2001). Naming and semantic memory in Alzheimer's disease and aphasia. *Dissertation Abstracts International: The Sciences and Engineering*, 62B(1), 573
- Warrington, E. K., & McCarthy, R. A. (1983). Category specific access dysphasia. *Brain*, 106(4), 859-878.
- Warrington, E. K., & McCarthy, R. A. (1987). Categories of knowledge: Further fractionations and attempted integration. *Brain*, 110, 1273-1296.
- Warrington, E. K., & Shallice, T. (1984). Category specific semantic impairments. *Brain*, 107, 829-853
- Waxman, S. R. (1990). Linguistic biases and the establishment of conceptual hierarchies: Evidence from preschool children, *Cognitive Development*, 5(2), 123-150.
- Waxman, S. R., & Markow, D. B. (1995). Words as invitations to form categories: Evidence from 12- to 13- month-old infants. *Cognitive Psychology*, 29(3), 257-302.
- Welch, L., & Long, L. (1940). The higher structural phases of concept formation of children. *Journal of Psychology*, 9, 59-95.
- Wellman, H. M., & Gelman, S. A. (1992). Cognitive development: Foundational theories in core domains. *Annual Review of Psychology*, 43, 337-375.
- West, M. J. (1993). Regionally specific loss of neurons in the aging human hippocampus. *Neurobiology of Aging*, 14, 287-293.
- West, R. (1999). Visual distraction, working memory, and aging. *Memory and Cognition*, 27(6), 1064-1072.
- Wheeler, M. A., & McMillan, C. (2001). Focal retrograde amnesia and the episodic-semantic distinction. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 1(1), 22-36.
- Wisniewski, E., & Medin, D. (1994). On the interaction of theory and data in concept learning. *Cognitive Science*, 18, 221-281.

Y

- Younger, B. A. (1985). The segregation of items into categories by ten-month-old infants. *Child Development*, 56(6), 1574-1583.
- Younger, B. A., & Cohen, L. B. (1983). Infant perception of correlations among attributes. *Child Development*, 54(4), 858-867.
- Younger, B. A. (1990). Infant's detection of correlations among feature categories. *Child*

Development, 61, 614-620.

Younger, B. A. (1993). Understanding category members as "the same sort of thing": Explicit categorization in ten-month infants. *Child Development*, 64, 309-320.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anderson, J. R., & Bauer, G. H. (1973). *Human associative Memory*. Washigton, DC: Winston.
- Berlin, B. (1992). *Ethnobiological classification: Principles of categorization of plants and animals in traditional societies*. Princeton: Princeton University Press.
- Beauvois, M. F. (1982). Optic aphasia : a process of interaction between vision and language. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 298B, 35-47.
- Bower, T. (1977). *A primer of infant development*. San Francisco : W. H. Freeman.
- Bruner, J. S. (1964). The course of cognitive growth. *American Psychologist*, 19, 1-15.
- Carey, S. (1978). *The child as word learner*. In J. Bresnan, G. Miller, & M. Halle (Eds.), *Linguistic Theory and Psychological Reality* (pp.264-293). Cambridge, MA: MIT Press.
- Cattel, J. M. (1885). Uber die Zeit der Erkennung und Benennung von Schriftzeichen, Bilden und Farben. *Philosophische Studien*, 2, 633-650.
- Cohen, J. D., MacWhinney, B., Flatt, M., & Provost, J. (1993). PsyScope: A new graphic interactive environment for designing psychology experiments. *Behavioral Research Methods, Instruments, and Computers*, 25(2), 257-271.
- Cole, M., & Scribner, S. (1974). *Culture and thought*. New York : Wiley.
- Coley, J. D., Medin, D.L., & James, L.B. (1999, april). Folk biological induction among native american children. *Biennial Meetings of the Society for Research in Child*

Development, Albuquerque: USA.

- Coltheart, M., Davelaar, E., Jonasson, J. T., & Besner, D. (1977). Access to the internal lexicon. In S. Dornic, (Ed.), *Attention and performance VI*. London: Academic Press.
- Craik, F. I., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 7, 996-1004.
- Crook, T. H., Bartus, R. T., Ferris, S. H., Whitehouse, P., Cohen, G. D., & Gershon, S. (1986). Age-associated memory impairment: Proposed diagnostic criteria and measures of clinical change-Report of a National Institute of Mental Health workgroup. *Developmental Neuropsychology*, 2, 261-276.
- Dennis, M. (1976). Dissociated naming and locating of body parts after left anterior lobe resection: An experimental case study. *Brain and Language*, 3, 147-163.
- Fantz, R. L. (1961). The origin of form perception. *Scientific American*, 204(5), 66-72.
- Flicker, C., Ferris S. H., & Reisberg, B. (1991). Mild cognitive impairment in the elderly: Predictors of dementia. *Neurology*, 41, 1006-1009.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E. & McHugh, P. R. (1975). "Mini Mental States": A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychologist research*, 12, 189-198.
- Fontaine, R., Isingrini, M., Gauthier, M., & Cochez, A. (1991). Aging memory: nature and evolution. *European Bulletin of Cognitive Psychology*, 11, 385-398.
- Forster, K. I. (1976). Accessing to the mental lexicon. In R. J. Wales, & E. Walker (Eds.), *New approaches to language mechanisms*. Amsterdam: North Holland.
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1978). *The child's understanding of number*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K., Lavalée, A., & Baduini, C. (1985). *What's in a word? The young child's predisposition to use lexical contrast*. Boston University Conference on Child Language, Boston, MA.
- Glass, A. L., & Holyoak, K. J. (1975). Alternative conceptions of semantic memory. *Cognition*, 3, 313-339.
- Halford, G. S. (1982). *The development of thought*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Halford, G. S. (1988). A structure-mapping approach to cognitive development. In A. Demetriou (Ed.), *The neo-Piagetian theories of cognitive development: Toward an integration* (pp.103-136). Amsterdam: North Holland.
- Howard D. V., & Patterson, K. (1992). The pyramids and palm trees test: A test of semantic access from pictures and words. Bury St Edmunds, Suffolk: Thames Valley Test Company.
- Huff, F. J., Corkin, S., & Growdon, J. H. (1986). Semantic impairment and anomia in Alzheimer's disease. *Brain and Language*, 28(2), 235-249.
- Hughes, M. (1975). *Egocentrism in preschool children*, Unpublished Ph. D. dissertation, Edinburgh University.
- Irwin, D. I., & Lupker, S. J. (1983). Semantic priming of pictures and words: A level of processing approach. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 45-60.
- Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its

- analysis. *Perception and Psychophysics*, 14, 201-211.
- Lautenschlager, N. T., Cupples, L. A., Rao, V. S., Auerbach, S. A., Becker, R., Burke, J., Chui, H., Duara, R., Foley, E. J., Glatt, S. L., Green, R. C., Jones, R., Karlinsky, H., Kukull, W. A., Kurz, A., Larson, E. B., Martelli, K., Sadovnick, A. D., Volicer, L., Waring, S. C., Growdon, J. H., & Farrer, L. A. (1996). Risk of dementia among relative of Alzheimer's disease patients in the MIRAGE study: what is in the store for the oldest old? *Neurology*, 46(3), 641-650.
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95, 492-527.
- Martin, A., & Fedio, P. (1983). Word production and comprehension in Alzheimer's disease: The breakdown of semantic knowledge. *Brain and Language*, 19(1), 124-141.
- McCloskey, M., & Glucksberg, S. (1979). Decision processes in verifying category membership statements: Implications for models of semantic memory. *Cognitive Psychology*, 11, 1-37.
- McNair, D. (1984). Self assessment of cognitive deficits. In T. Crook, S. Ferris, & R. Baruts (Eds.), *Assessment in geriatric pharmacology*, Connecticut: New-Canaan.
- McKhann, G., Drachman, D., Folstein, M., Katzmann, R., Price, D., & Stadlan, E. M. (1984). Clinical diagnosis of Alzheimer's disease: Report of the NINCDS-ADRA work under auspices of the department of Health and Human Services Task Force in Alzheimer's disease. *Neurology*, 34, 939-945.
- Milner, B. (1966). Amnesia following operation on the temporal lobes. In C. W. M. Whitty, & O. L. Zangwill (Eds.), *Amnesia*. Butterworths.
- Morton, J., & Johnson, M. H. (1991). CONSPEC and CONLERN: A two-process theory of infant face recognition. *Psychological Review*, 98(2), 164-181.
- Murdock, B. B. (1982). A theory for the storage and retrieval of item and associative information. *Psychological Review*, 89, 609-626.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113.
- Paap, K. R., Newsome, S. L., McDonald, J. E., & Schvaneveldt, R. W. (1982). An activation-verification model for letter and word recognition. *Psychological Review*, 89, 573-594.
- Paap, K. R., McDonald, J. E., Schvaneveldt, R. W., & Noel, R. W. (1987). Frequency and pronounceability in visually presented naming and lexical decision tasks. In M. Colheart (Ed.), *Attention and performance XII*. Hove, Sussex: Lawrence Erlbaum Associates.
- Pascual-Léone, J. (1988). Organismic processes for neo-Piagetian theories: A didactical causal account of cognitive development. In A. Demetriou (Ed.), *The neo-Piagetian theories of cognitive development: Toward an integration* (pp.25-64). Amsterdam: North Holland.
- Petersen, R. C., Smith, G. E., Ivnik, R. J., Tangalos, E. G., Schaid, D. J., Thibodeau, S. N., Kokmen, E., Waring, S. C., & Kurland, L. T. (1995). Apolipoprotein E status as a predictor of the development of Alzheimer's disease in memory-impaired individuals.

- Journal of the American Medical Association*, 273(16), 1274-1278.
- Potter, M. C., & Faulkonner, B. A. (1975). Time to understand pictures and words. *Nature*, 253, 437-438.
- Ritchie, K., & Kildea, D. (1995). Is senile demantia "age related" or "ageing-related"? Evidence from meta analysis of dementia prevalence in the oldest old. *The Lancet*, 346, 931-934.
- Schvaneveldt, R. W., & McDonald, J. E. (1981). Semantic context and the encoding of words: evidence for two models of stimulus analysis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7, 673-687.
- Schwartz, M., Marin, O., & Saffran, E. (1979). *Dissociation of language function in dementia: A case study. Brain and Language*, 7, 277-306.
- Semenze, C. (1988). *Cortex*, 24, 443-449.
- Smiley, S. S., & Brown, A. L. (1979). Conceptual preference for the thematic or taxonomic relation: A nonmonotonic age trend from preschool to old age. *Journal of Experimental Child Psychology*, 28, 249-257.
- Talairach, J., & Tournoux P. (1988). *Co-planar stereotaxix atlas of the humain brain*. New York: Thieme Medical.
- Theios, J., & Amrhein, P. C. (1989). Theoretical analysis of the cognitive processing of lexical and pictorial stimuli: Reading, naming, and visual and conceptual comparisons. *Psychological Review*, 96, 5-24.
- Wilkinson, D. G., Passmore, A. P., Bullock, R., Hopker, S. W., Smith, R., Potocnik, F. C., Maud, C. M., Engelbrecht, I., Hock, C., Ieni, J. R., & Bahra, R. S. (2002). A multinational, randomised, 12-week, comparative study of donepezil and rivastigmine in patients with mild to moderate Alzheimer's disease. *International Journal Clin Pract*, 56(6), 441-446.
- Wolfson, C., Oremus, M., Shukla, V., Momoli, F., Demers, L., Perrault, A., & Moride, Y. (2002). Donepezil and rivastigmine in the treatment of Alzheimer's disease: a best-evidence synthesis of the published data on their efficacy and cost-effectiveness. *Clinical Therapy*, 24(6), 862-886.

ANNEXES

Listes des propriétés utilisées pour l'Expérience 1

Questions applicables au domaine Animal	Questions applicables au domaine Artefact
Lequel des deux peut courir ? Lequel des deux boit de l'eau ? Lequel des deux s'enfuit quand il a peur ? Lequel des deux a des petits ? Lequel des deux s'endort le soir ? Lequel des deux a une peau ? Lequel des deux a des os à l'intérieur ? Lequel des deux tremble quand il fait froid ?	Lequel des deux peut-on démonter avec des outils ? Lequel des deux a été fabriqué par des gens ? Lequel des deux peut-on réparer ? Lequel des deux est fait avec des morceaux mis ensemble ? Lequel des deux a des morceaux en plastique ? Lequel des deux on peut repeindre si on veut changer sa couleur ? Lequel des deux a des morceaux en fer dedans ? Lequel des deux on peut réparer avec de la colle et des clous ?

Prétest des 160 dessins pour l'Expérience 1

ETUDE DE L'ORGANISATION DES CONNAISSANCES SEMANTIQUES EN MEMOIRE :

obj	mc	tou	zèl	tas	feu	mc	tab	cui	pa	cr	ca	lim	cas	hé	arr	sac	ân	avi	ch	tab	ani	tau	lit
					tric														so	à	im		
%	84	62	56	80	42	30	88	100	60	92	80	40	42	94	78	96	56	100	52	56	18	26	90
RC																							

obj	ma	lan	ma	hâ	pin	ani	cas	cas	lan	vis	cas	sci	ph	lior	voi	pa	sko	téle	har	fou	en	rat	ope
	gaz					im		foc														lav.	
%	18	90	14	36	82	20	78	40	16	34	38	44	34	68	100	90	6	96	20	2	56	14	
RC																							

ob	lar	rat	ca	an	gu	liv	an	tra	ar	me	hi	an	lu	ca	all	me	ca	an	ce	élé	me	cir	bil	ka	po	ani	use
		lav		im			im		im			im						vo							imag.		
%	84	26	88	18	86	92	32	80	6	80	54	20	6	22	34	48	96	64	50	94	66	22	98	40	12	24	
RC																											

ob	as	liè	cis	me	an	Hi	ar	ota	po	go	so	an	pa	ch	an	fil	ota	fer	va	dre	se	an	ko	bo	lap	pine
					im		im		ép			im	ro		im			re				im				
%	54	28	98	66	14	58	2	28	28	76	72	18	48	98	8	28	24	36	76	40	2	10	24	40	94	
RC																										

ob	tat	tal	ch	tig	mi	ar	ma	ta	an	pir	ch	ta	clo	po	co	po	va	ch	ro	ori	pi	marm	éc	bis	on
						im			im	lin						ox		(fo	pa						
%	20	98	100	70	4	4	56	4	16	34	42	26	20	94	88	8	82	32	50	28	66	10		72	22
RC																									

ob	or	an	dr	vo	si	ma	pe	me	hé	ch	ph	sa	pi	an	rh	ca	ch	se	an	fo	an	ba	an	bl	co	ch	pas	seux
														im														
%	58	20	34	96	80	8	90	96	40	100	26	2	44	6	42	12	98	76	28	94	4	0	6	6	60	96	48	
RC																												

objet	cheva	ancr	girafe	ani.in	car	art.	chaus	clé	vélo	kango	tenail	okapi	sifflet
						imag			appar				
% RC	84	6	64	28	88	4	92	96	78	48	42	22	20

Tableaux généraux des analyses Anova pour l'Expérience 1

Pour l'ensemble des groupes d'âge :

Type III Sums of Squares					
Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
AGE	2	183048,512	91524,256	14,107	<.001
category(Group)	81	24932,708	307,824		
category	1	18848,837	18848,837	28,488	<.001
category * AGE	2	53209,260	26604,630	7,710	<.001
category * Subject(Group)	81	72889,190	700,400		
FAMILIARITE DESSIN	1	882,842	882,842	1,210	.2730
FAMILIARITE DESSIN * AGE	2	1545,176	772,588	1,444	.8718
FAMILIARITE DESSIN * Subject(Group)	81	41257,016	507,716		
FAMILIARITE CONCURRENT	1	325,789	325,789	1,098	.3050
FAMILIARITE CONCURRENT * AGE	2	607,107	303,553	1,211	.9520
FAMILIARITE CONCURRENT * Subject(Group)	81	80262,215	410,406		
category * FAMILIARITE DESSIN	1	651,189	651,189	1,188	.2808
category * FAMILIARITE DESSIN * AGE	2	6370,708	3185,354	1,868	.0478
category * FAMILIARITE DESSIN * Subject(Group)	81	54730,392	400,675		
category * FAMILIARITE CONCURRENT	1	73,195	73,195	1,224	.3273
category * FAMILIARITE CONCURRENT * AGE	2	1010,071	505,035	1,414	.3212
category * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject(Group)	81	28847,284	340,096		
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	7,274	7,274	1,017	.3184
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * AGE	2	4485,820	2242,910	1,509	1,141
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject(Group)	81	34538,298	426,398		
category * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	440,790	440,790	1,177	.2812
category * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * AGE	2	284,769	142,384	1,088	.3488
category * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject(Group)	81	30741,781	379,528		
Dependent R Squared					
Table of Epsilon Factors for df Adjustment					
Dependent R Squared					
	G-G Epsilon	HF Epsilon			
category	0,000	1,057			
FAMILIARITE DESSIN	0,000	1,057			
FAMILIARITE CONCURRENT	0,000	1,057			
category * FAMILIARITE DESSIN	0,000	1,057			
category * FAMILIARITE CONCURRENT	0,000	1,057			
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	0,000	1,057			
category * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	0,000	1,057			
NOTE: Epsilon files are not created for values of epsilon greater than 1.					

Pour les 3 ans :

Type III: Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
Subject	33	203520.615	6167.293		
category	1	84549.829	84549.829	59.729	.0001
category * Subject	33	45081.180	1366.096		
FAMILIARITE DESSIN	1	3753.808	3753.808	1.056	.3136
FAMILIARITE DESSIN * Subject	33	43372.181	1314.309		
FAMILIARITE CONCURRENT	1	606.818	606.818	1.314	.2548
FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	33	33889.882	1026.966		
category * FAMILIARITE DESSIN	1	5573.598	5573.598	4.555	.0324
category * FAMILIARITE DESSIN * Subject	33	45781.404	1387.315		
category * FAMILIARITE CONCURRENT	1	16.065	16.065	.036	.8329
category * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	33	24060.855	726.087		
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	551.124	551.124	.795	.3756
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	33	30023.878	909.815		
category * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	808.876	808.876	2.554	.1138
category * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	33	33676.126	1020.489		

Dependent Variable:

Table of Effection Factors for df Adjustment
Dependent Variable

	GG Type III	df Error
category	1.000	1.000
FAMILIARITE DESSIN	1.000	1.000
FAMILIARITE CONCURRENT	1.000	1.000
category * FAMILIARITE DESSIN	1.000	1.000
category * FAMILIARITE CONCURRENT	1.000	1.000
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1.000	1.000
category * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1.000	1.000

Pour les 4 ans :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	88	200880.618	2285.007		
intercept	1	54048,820	54048,820	50,780	,0000
category * Subject	88	95681,150	1087,286		
FAMILIARITE DESSIN	1	8758,808	8758,808	5,650	,0186
FAMILIARITE DESSIN * Subject	88	42870,191	487,164		
FAMILIARITE CONCURRENT	1	505,518	505,518	1,318	,2548
FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	37068,305	421,231		
category * FAMILIARITE DESSIN	1	2878,566	2878,566	4,005	,0364
category * FAMILIARITE DESSIN * Subject	88	45751,404	519,902		
category * FAMILIARITE CONCURRENT	1	14,045	14,045	0,02	,8578
category * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	2580,865	293,347		
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	351,124	351,124	,792	,3760
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	3088,875	351,124		
category * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	825,575	825,575	2,554	,1138
category * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	30876,124	351,124		

Dependent Variable:

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent Variable:

	GG Epsilon	HC Epsilon
category	1,000	1,000
FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000
FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
category * FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000
category * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
category * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000

Pour les 5 ans :

Type III: Sum of Squares					
Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
Subject	00	208000,610	2080,007		
catégorie	1	64843,820	64843,820	38,730	,0001
catégorie * Subject	88	95581,140	1087,286		
FAMILIARITE DESSIN	1	2752,608	2752,608	1,610	,2190
FAMILIARITE DESSIN * Subject	88	42572,191	483,784		
FAMILIARITE CONCURRENT	1	505,818	505,818	0,304	,5848
FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	33698,002	384,078		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1	2373,596	2373,596	4,565	,0354
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * Subject	88	75521,404	859,404		
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1	14,045	14,045	,042	,8375
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	29582,665	336,167		
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	351,124	351,124	,738	,3900
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	80021,876	909,453		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	498,878	498,878	2,564	,1138
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	80870,124	919,308		
Dependent SRC					
Table of Epsilon Factors for df Adjustment					
Dependent SRC					
	G-G Epsilon	H-F Epsilon			
catégorie	1,000	1,000			
FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000			
FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000			
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000			
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000			
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000			
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000			

Pour les 6 ans :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	88	200680,678	2280,007		
catégorie	1	84042,520	84042,520	59,730	,0001
catégorie * Subject	88	95501,100	1085,236		
FAMILIARITE DESSIN	1	2752,509	2752,509	5,650	,0189
FAMILIARITE DESSIN * Subject	88	72075,191	807,107		
FAMILIARITE CONCURRENT	1	609,818	609,818	1,314	,2648
FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	33566,362	381,479		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1	2771,590	2771,590	4,565	,0314
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * Subject	88	46750,494	530,002		
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1	14,045	14,045	,027	,8628
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	20560,555	233,647		
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	151,124	151,124	,792	,3750
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	38021,671	432,458		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	848,576	848,576	2,654	,1129
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	30275,124	344,001		

Dependent Variable:

Table of Effect Factors for df Adjustment
Dependent Variable:

	GrG Epsilon	HF Epsilon
catégorie	1,000	1,000
FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000
FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000

Pour les 7 ans :

Type III: Sum of Squares					
Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
Subject	58	205640.618	3545.007		
catégorie	1	54043,820	54043,820	59,730	,0001
catégorie * Subject	58	95601,100	1667,266		
FAMILIARITE DESSIN	1	2752,800	2752,800	6,060	,0160
FAMILIARITE DESSIN * Subject	58	42872,121	739,154		
FAMILIARITE CONCURRENT	1	505,615	505,615	1,314	,2648
FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	58	51868,382	894,079		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1	2873,586	2873,586	4,565	,0354
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * Subject	58	45751,404	789,002		
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1	14,045	14,045	,042	,8378
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	58	21680,955	373,647		
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	351,124	351,124	,792	,3760
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	58	34098,870	588,058		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	898,876	898,876	2,554	,1128
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	58	37876,124	652,001		
Dependent R Squared					
Table of Critical Factors for df Adjustment					
Dependent: SRC					
	G/G Epsilon	H/F Epsilon			
catégorie	1,000	1,000			
FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000			
FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000			
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000			
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000			
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000			
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000			

Pour les 8 ans :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	55	304630.610	5538.738		
catégorie	1	61943.020	61943.020	58.730	.001
catégorie * Subject	55	65691.160	1194.386		
FAMILIARITE DESSIN	1	2752.504	2752.504	5.850	.016
FAMILIARITE DESSIN * Subject	55	42775.191	777.731		
FAMILIARITE CONCURRENT	1	305.615	305.615	1.314	.264
FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	55	33556.302	609.173		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1	2378.698	2378.698	4.585	.034
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * Subject	55	45751.404	831.844		
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1	14.045	14.045	.042	.833
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	55	23360.956	424.745		
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	351.124	351.124	.792	.376
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	55	30028.878	546.162		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	898.675	898.675	2.554	.116
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	55	81976.124	1490.475		

Dependent Variable:

Table of Epsilon Factors for df Adjustment
Dependent Variable

	S-S Epsilon	H-F Epsilon
catégorie	1,000	1,000
FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000
FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000

Pour les 9 ans :

Type III Sum of Squares					
Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-value	P-value
Polype	58	303880,616	5239,329		
catégorie	1	64943,020	64943,020	59,730	,0001
catégorie * Subject	58	35081,180	597,286		
FAMILIARITE DESSIN	1	2752,804	2752,804	0,650	,0198
FAMILIARITE DESSIN * Subject	58	42872,101	487,184		
FAMILIARITE CONCURRENT	1	505,618	505,618	1,514	,2545
FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	58	30069,002	504,079		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1	2378,608	2378,608	4,585	,0364
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * Subject	58	45751,454	519,902		
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1	14,045	14,045	0,02	,0079
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	58	29960,955	399,047		
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	251,124	251,124	7,92	,0060
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	58	18020,875	443,450		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	895,876	895,876	2,564	,1136
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	58	30978,124	552,001		
Dependent Variable:					
Table of Epsilon Factors for df Adjustment					
Dependent Variable:					
		G-G Epsilon	H-F Epsilon		
catégorie		1,000	1,000		
FAMILIARITE DESSIN		1,000	1,000		
FAMILIARITE CONCURRENT		1,000	1,000		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN		1,000	1,000		
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT		1,000	1,000		
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT		1,000	1,000		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT		1,000	1,000		

Pour les adultes :

Type III. Sums of Squares

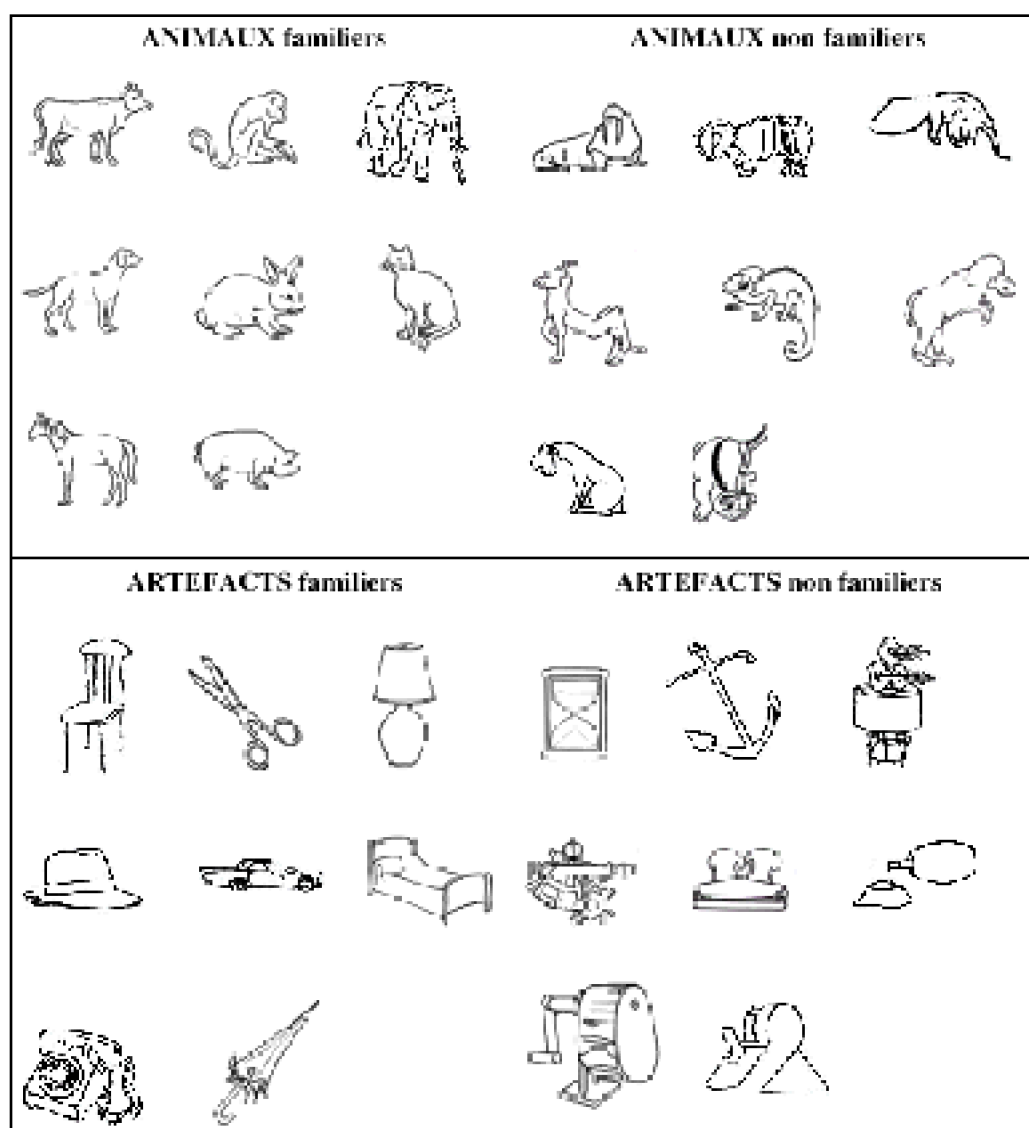
Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject condition	60	209066,000	3484,433		
catégorie * Subject	1	64943,620	64943,620	56,730	,0001
FAMILIARITE DESSIN	88	2752,508	31,393		
FAMILIARITE DESSIN * Subject	1	42572,191	42572,191	5,620	,0186
FAMILIARITE CONCURRENT	1	505,618	505,618	1,010	,3148
FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	1	2373,096	2373,096	4,365	,0334
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1	2373,096	2373,096	4,365	,0334
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * Subject	1	14,045	14,045	,042	,8379
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	1	20360,955	20360,955	2,742	,1000
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	151,124	151,124	,742	,3860
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	1	80523,576	80523,576	2,554	,1138
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	80523,576	80523,576	2,554	,1138
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	1	10970,124	10970,124		

1. Dependent Variable:

Table of Effect Factors for df Adjustment
Dependent Variable

	GLS Equator	HF Equator
catégorie	1,000	1,000
FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000
FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000

Ensemble des dessins utilisés dans l'Expérience 1



Tableaux des analyses Anova réalisées pour l'Expérience 2

Pour l'ensemble des groupes d'âge :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
group(age)	8	28456,880	3557,065	2,255	,0007
Subject(Group)	68	161436,897	2374,189		
CATEGORIE	1	74226,208	74226,208	126,825	,0001
CATEGORIE * group(age)	8	3771,829	471,701	1,210	,2816
CATEGORIE * Subject(Group)	68	89337,843	1313,643		
PROPRIETE	2	104056,970	52027,695	1030,990	,0001
PROPRIETE * group(age)	16	65520,335	4095,683	8,067	,0001
PROPRIETE * Subject(Group)	136	67430,740	507,65		
DESIGN	1	18578,750	18578,750	50,985	,0001
DESIGN * group(age)	8	3200,114	400,018	1,305	,2505
DESIGN * Subject(Group)	68	92102,273	1354,815		
CATEGORIE * PROPRIETE	2	45290,509	22645,281	55,150	,0001
CATEGORIE * PROPRIETE * group(age)	16	155 9,547	974,973	2,599	,0007
CATEGORIE * PROPRIETE * Subject(Group)	136	68940,750	507,657		
CATEGORIE * DESIGN	1	3201,336	3201,336	18,675	,0005
CATEGORIE * DESIGN * group(age)	8	2750,750	343,845	1,255	,2747
CATEGORIE * DESIGN * Subject(Group)	68	28318,310	417,192		
PROPRIETE * DESIGN	2	18719,272	9359,636	62,815	,0001
PROPRIETE * DESIGN * group(age)	16	7300,727	456,294	1,580	,0741
PROPRIETE * DESIGN * Subject(Group)	136	59844,537	439,993		
CATEGORIE * PROPRIETE * DESIGN	2	3437,427	1718,714	5,797	,0056
CATEGORIE * PROPRIETE * DESIGN * group(age)	16	10350,828	647,102	2,155	,0064
CATEGORIE * PROPRIETE * DESIGN * Subject(Group)	136	58148,859	427,937		

R Squared = 0,6404

	GG Epsilon	HC Epsilon
CATEGORIE	1,000	1,000
PROPRIETE	,973	1,000
DESIGN	1,000	1,000
CATEGORIE * PROPRIETE	,971	1,000
CATEGORIE * DESIGN	1,000	1,000
PROPRIETE * DESIGN	,973	1,000
CATEGORIE * PROPRIETE * DESIGN	,974	,974

Table of Epsilon Factors for df Adjustment
Dependent variableNOTE: Probabilities are not corrected for values
of epsilon greater than 1.

Pour les 3 ans :

Type III: Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	9	44898,289	4988,252		
CATEGORIE	1	20021,359	20021,359	28,400	,0005
CATEGORIE * Subject	9	6341,064	704,564		
PROPRIETE	2	30475,540	15237,770	20,047	,0001
PROPRIETE * Subject	18	11005,240	611,402		
DESSIN	1	2529,060	2529,060	3,288	,0692
DESSIN * Subject	9	6889,498	765,499		
CATEGORIE * PROPRIETE	2	1013,702	506,851	1,246	,2900
CATEGORIE * PROPRIETE * Subject	18	11217,612	623,201		
CATEGORIE * DESSIN	1	57,824	57,824	,200	,6554
CATEGORIE * DESSIN * Subject	9	2603,861	289,318		
PROPRIETE * DESSIN	2	10041,667	5020,833	29,235	,0001
PROPRIETE * DESSIN * Subject	18	5000,463	277,803		
CATEGORIE * PROPRIETE * DESSIN	2	893,454	446,727	1,451	,2805
CATEGORIE * PROPRIETE * DESSIN * Subject	18	5541,472	307,859		

Dependent Variable:

Table of Epsilon Factors for df Adjustment
Dependent variable:

	GGI Epsilon	GGI Epsilon
CATEGORIE	1,000	1,000
PROPRIETE	,897	1,105
DESSIN	1,000	1,000
CATEGORIE * PROPRIETE	,875	1,241
CATEGORIE * DESSIN	1,000	1,000
PROPRIETE * DESSIN	,887	1,088
CATEGORIE * PROPRIETE * DESSIN	,738	,849

NOTE: Probabilities are not corrected for values of epsilon greater than 1.

Pour les 4 ans

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	7	15822,206	2260,315		
CATEGORIE	1	7828,778	7828,778	88,182	,0005
CATEGORIE * Subject	7	1436,107	205,015		
PROPRIETE	2	66500,583	33250,292	104,552	,0001
PROPRIETE * Subject	14	4438,585	317,042		
DESSIN	1	4177,638	4177,638	9,606	,0178
DESSIN * Subject	7	3048,696	434,769		
CATEGORIE * PROPRIETE	2	1848,854	924,427	1,884	,1730
CATEGORIE * PROPRIETE * Subject	14	6846,488	489,035		
CATEGORIE * DESSIN	1	48,273	48,273	,149	,7111
CATEGORIE * DESSIN * Subject	7	2178,866	310,656		
PROPRIETE * DESSIN	2	5800,638	2900,319	5,008	,0228
PROPRIETE * DESSIN * Subject	14	8258,134	589,867		
CATEGORIE * PROPRIETE * DESSIN	2	283,428	141,714	,248	,7849
CATEGORIE * PROPRIETE * DESSIN * Subject	14	8046,794	574,955		

Dependent results:

Table of Epsilon Factors for df Adjustment
Dependent: results

	G-R Epsilon	H-F Epsilon
CATEGORIE	1,000	1,000
PROPRIETE	,855	1,004
DESSIN	1,000	1,000
CATEGORIE * PROPRIETE	,877	1,146
CATEGORIE * DESSIN	1,000	1,000
PROPRIETE * DESSIN	,795	,891
CATEGORIE * PROPRIETE * DESSIN	,785	,972

NOTE: Probabilities are not corrected for values
of epsilon greater than 1.

Pour les 5 ans

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
Subject	17	86259,274	5074,108		
CATEGORIE	1	15616,542	15616,542	32,502	,0001
CATEGORIE * Subject	17	6100,753	358,868		
PROPRIETE	2	13060,342	6530,171	75,009	,0001
PROPRIETE * Subject	34	22517,540	662,281		
DESSIN	1	5635,322	5635,322	12,508	,0025
DESSIN * Subject	17	7881,423	463,613		
CATEGORIE * PROPRIETE	2	5048,842	2524,421	6,827	,0032
CATEGORIE * PROPRIETE * Subject	34	15062,801	443,024		
CATEGORIE * DESSIN	1	179,088	179,088	,448	,5125
CATEGORIE * DESSIN * Subject	17	6553,565	385,498		
PROPRIETE * DESSIN	2	6358,208	3179,104	13,620	,0001
PROPRIETE * DESSIN * Subject	34	11603,555	341,281		
CATEGORIE * PROPRIETE * DESSIN	2	3080,354	1540,177	4,452	,0121
CATEGORIE * PROPRIETE * DESSIN * Subject	34	11765,770	346,051		

Dependent Variable:

Table of Epsilon Factors for df Adjustment
Dependent Variable:

	S-G Epsilon	HF Epsilon
CATEGORIE	1,000	1,000
PROPRIETE	,779	,613
DESSIN	1,000	1,000
CATEGORIE * PROPRIETE	,687	,335
CATEGORIE * DESSIN	1,000	1,000
PROPRIETE * DESSIN	,881	1,000
CATEGORIE * PROPRIETE * DESSIN	,884	,875

Pour les 6 ans :

Type III: Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	88	205880.815	2329.330		
catégorie	1	84943.820	84943.820	35.730	0.001
catégorie * Subject	88	37601.160	427.286		
FAMILIARITE DESSIN	1	2762.809	2762.809	0.680	0.199
FAMILIARITE DESSIN * Subject	88	42872.191	487.184		
FAMILIARITE CONCURRENT	1	505.610	505.610	.114	0.540
FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	35860.962	407.510		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1	2373.506	2373.506	4.985	0.024
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * Subject	88	45751.404	519.902		
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1	14.045	14.045	.012	0.919
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	26380.055	299.847		
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	351.124	351.124	.742	0.388
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	36028.075	409.410		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	806.875	806.875	2.554	0.116
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	36976.124	420.069		

Dependent Variable:

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent Variable:

	GG Epsilon	HF Epsilon
catégorie	1.000	1.000
FAMILIARITE DESSIN	1.000	1.000
FAMILIARITE CONCURRENT	1.000	1.000
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1.000	1.000
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1.000	1.000
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1.000	1.000
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1.000	1.000

Pour les 7 ans :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
Subject	88	205830,818	2339,567		
category	1	64843,020	64843,020	58,730	,0001
category * Subject	88	95687,180	1087,240		
FAMILIARITE DESSIN	1	2752,809	2752,809	5,850	,0156
FAMILIARITE DESSIN * Subject	88	42672,131	484,911		
FAMILIARITE CONCURRENT	1	505,616	505,616	1,014	,3149
FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	37668,388	428,049		
category * FAMILIARITE DESSIN	1	2878,698	2878,698	4,585	,0364
category * FAMILIARITE DESSIN * Subject	88	45751,404	519,902		
category * FAMILIARITE CONCURRENT	1	11,040	11,040	,012	,6179
category * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	26240,965	298,090		
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	851,124	851,124	,702	,3760
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	30623,878	348,055		
category * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	880,076	880,076	2,554	,1106
category * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	30876,134	350,604		

Dependent Variable:

Table of Effect Size Factors for df Adjustment

Dependent Variable:

	df4 Adjustment	df6 Adjustment
category	1,000	1,000
FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000
FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
category * FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000
category * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
category * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000

Pour les 8 ans :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	88	206681,610	2337,292		
catégorie	1	61445,090	61445,090	26,290	,0001
catégorie * Subject	88	95581,130	1086,149		
FAMILIARITE DESSIN	1	2752,505	2752,505	5,850	,0158
FAMILIARITE DESSIN * Subject	88	42675,131	484,944		
FAMILIARITE CONCURRENT	1	505,818	505,818	1,314	,2548
FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	32565,342	369,947		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1	5273,586	5273,586	4,565	,0354
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * Subject	88	45751,404	519,902		
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1	14,045	14,045	,042	,8379
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	24360,805	276,827		
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	351,124	351,124	,792	,3760
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	32523,378	369,459		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	380,070	380,070	2,554	,1156
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	81676,194	928,031		

Dependent Variable:

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent Variable:

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
catégorie	1,000	1,000
FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000
FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000

Pour les 9 ans :

Type III Sums of Squares					
Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
Subject	55	209861,573	3815,667		
catégorie	1	67841,080	67841,080	18,790	,0001
catégorie * Subject	55	66851,182	1057,282		
FAMILIARITE DESSIN	1	2752,500	2752,500	5,850	,0198
FAMILIARITE DESSIN * Subject	55	42045,141	707,104		
FAMILIARITE CONCURRENT	1	656,518	656,518	1,314	,2648
FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	55	39861,582	664,572		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1	2070,590	2070,590	4,565	,0354
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * Subject	55	46761,404	649,302		
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1	14,545	14,545	,042	,8370
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	55	39060,955	600,642		
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	851,124	851,124	,760	,3760
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	55	39023,575	448,453		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	860,570	860,570	2,554	,1106
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	55	38945,194	598,504		
Dependent R Squared					
Table of Epsilon Factors for df Adjustment					
Dependent R Squared					
	G-G Epsilon	H-F Epsilon			
catégorie	1,000	1,000			
FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000			
FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000			
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000			
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000			
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000			
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000			

Pour les adultes :

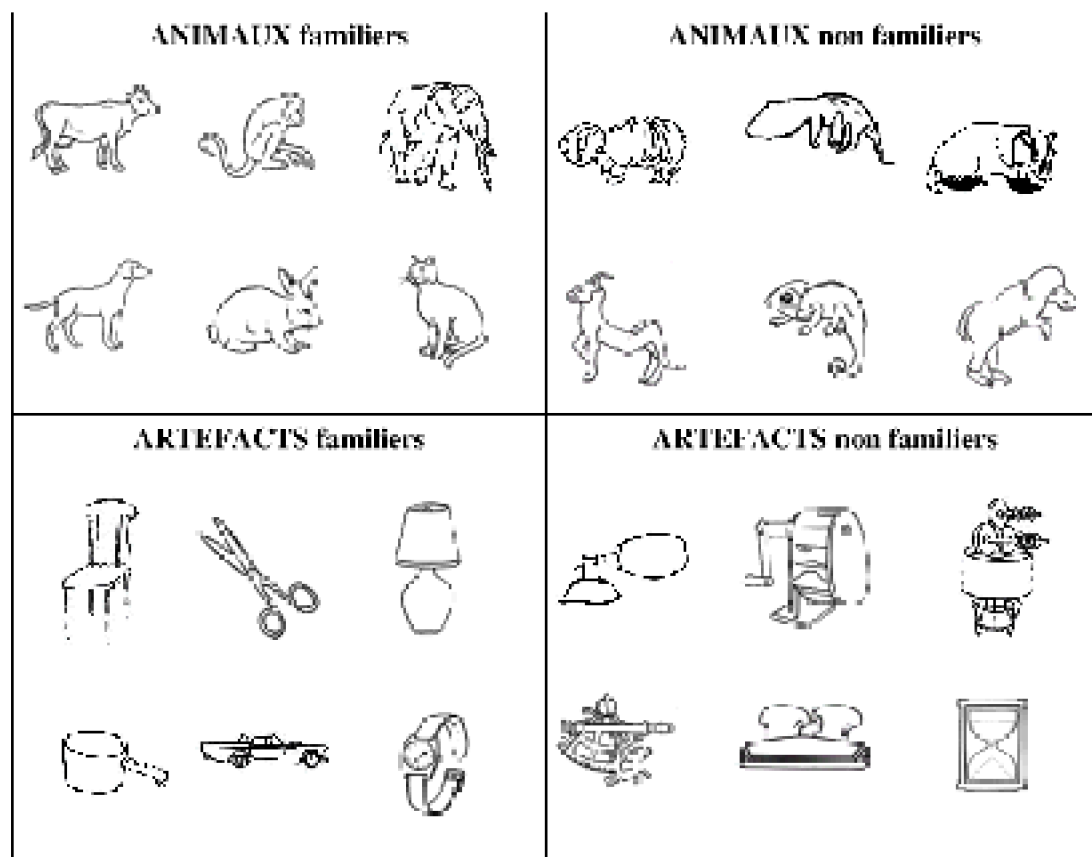
Type III. Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
Subject	88	202890,678	2305,592		
catégorie	1	61818,820	61818,820	26,780	,0001
catégorie * Subject	88	95671,130	1087,069		
FAMILIARITE DESSIN	1	2762,808	2762,808	6,660	,0136
FAMILIARITE DESSIN * Subject	88	42672,101	484,911		
FAMILIARITE CONCURRENT	1	505,616	505,616	1,014	,3140
FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	8366,932	95,079		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1	2572,598	2572,598	4,966	,0354
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * Subject	88	45751,404	519,902		
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1	14,045	14,045	,042	,8328
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	20260,925	230,547		
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	351,124	351,124	,752	,3850
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	85098,076	967,023		
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1	898,878	898,878	2,054	,1538
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT * Subject	88	30976,124	352,001		

Table of Significance Factors for df Adjustment
Dependent: %RC

	GG Epsilon	HF Epsilon
catégorie	1,000	1,000
FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000
FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
catégorie * FAMILIARITE DESSIN	1,000	1,000
catégorie * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000
catégorie * FAMILIARITE DESSIN * FAMILIARITE CONCURRENT	1,000	1,000

Ensemble des dessins de l'Expérience 2



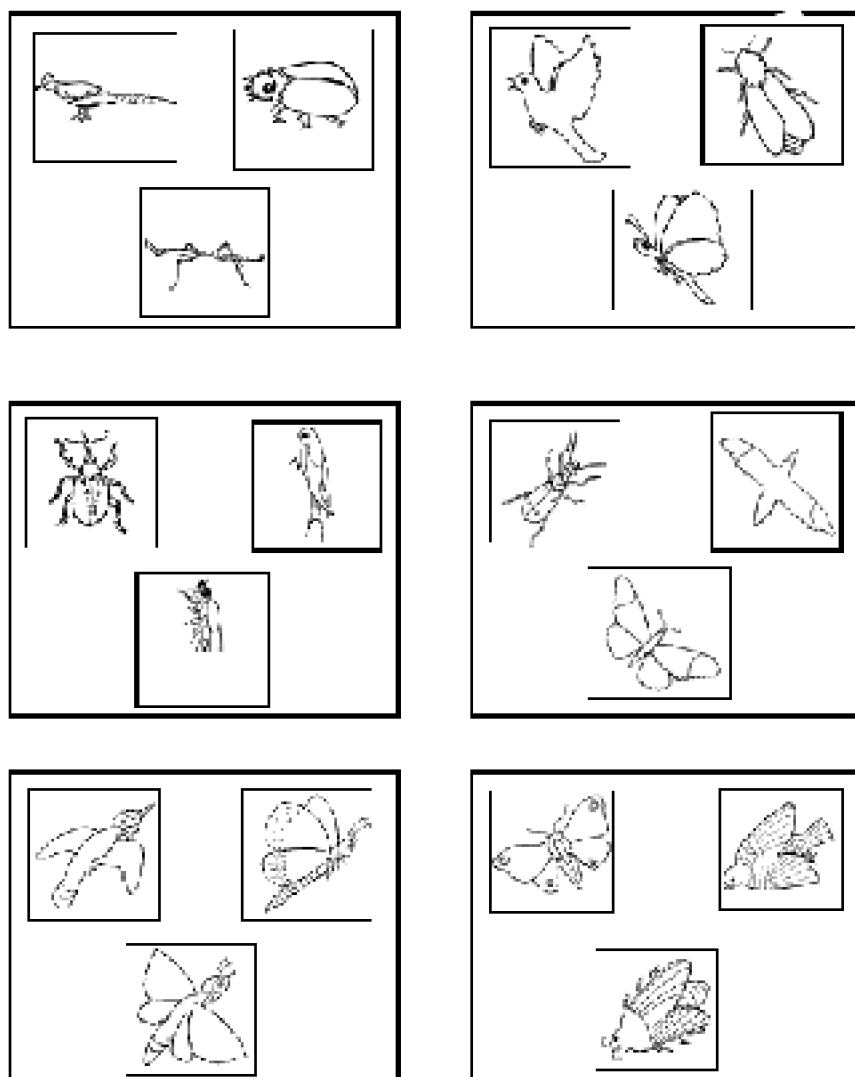
Propriétés utilisées pour l'Expérience 2

Propriétés adéquates pour les animaux et impossibles pour les artefacts	peut se sauver en courant quand il a peur peut boire de l'eau quand il a soif peut crier quand il a mal peut avoir des petits s'endort le soir peut manger si il a faim
Propriétés adéquates pour les artefacts et impossibles pour les animaux	peut être réparé avec des outils peut avoir des morceaux en plastiques dedans peut être repeint pour changer sa couleur a été fabriqué par des gens peut avoir des bouts en fer dedans peut être réparé avec de la colle et du

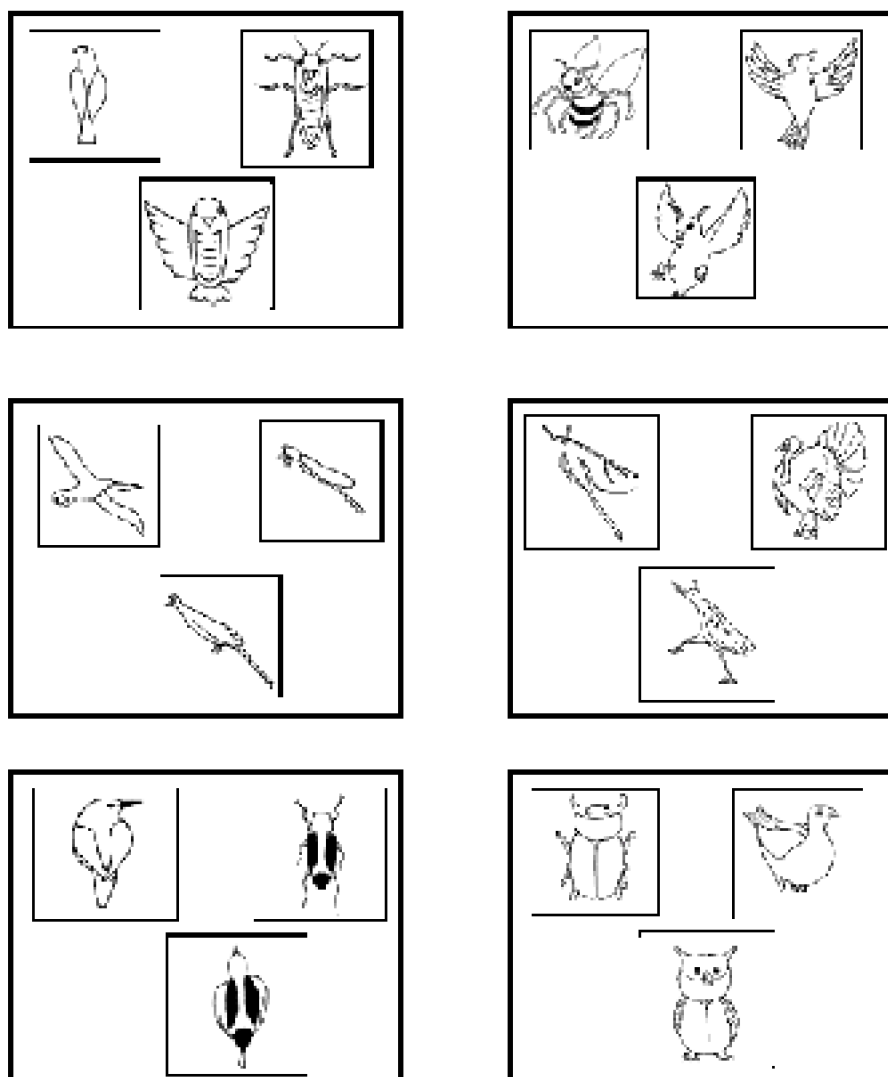
Propriétés adéquates pour les animaux et impossibles pour les artefacts	peut se sauver en courant quand il a peur peut boire de l'eau quand il a soif peut crier quand il a mal peut avoir des petits s'endort le soir peut manger si il a faim
	scotch
Propriétés étranges pour les animaux	peut devenir jaune si il est en colère se met en boule quand il est content peut grossir pendant la nuit peut boire du café si il a soif a peur du vent peut manger des chewing-gum
Propriétés étranges pour les artefacts	peut servir pour fabriquer de la lessive peut servir pour fabriquer des chapeaux peut être fait en sable peut servir pour fabriquer du sel pour le réparer, on le laisse tremper dans de l'eau de javel peut servir pour nettoyer le toit des maisons

Planches utilisées pour l'Expérience 3

planches avec cible insecte



planches avec cible oiseau



Prétest des propriétés Expérience 3 N=72 (12*6 enfants par tranche d'âge)

ETUDE DE L'ORGANISATION DES CONNAISSANCES SEMANTIQUES EN MEMOIRE :

	AGES DES ENFANTS PRETESTES																
	PROBES	3,6/4			4,1/4,5		4,5/5		5,1/5,5		5,6/6		somme		%	Valeur du p.	
B I O L O G I Q U E S	Respire par le nez	3	2	4	2		3	4	6	3	3	3	39		54,17	47	
	Respire par la bouche	3	4	2	10		3	2	0	3	3	3	33	72	45,83		
	Pond des oeufs bleus	2	4	3	4	4		4	2	4	1	4	5	37		51,39	81
	Pond des oeufs verts	4	2	3	2	8		2	4	2	5	2	1	35	72	48,61	
	Mâche sa nourriture	4	4	2	3	6		6	5	1	3	2	3	38		52,78	63
	Avale tout rond	3	2	4	3	6		0	1	5	3	4	3	34	72	47,22	
	A le coeur à droite	4	3	4	4	4		4	3	4	2	3	5	40		59,71	12
	A le coeur à gauche	2	3	2	2	8		2	2	2	1	2	1	27	67	40,3	
	A un estomac	5	4	1	2	6		5	4	2	4	5	5	43		59,72	09
	A deux estomacs	1	2	5	4	6		1	2	4	2	1	1	29	72	40,28	
A le sang rose	2	6	4	2	7		4	2	0	2	4	4	37		53,62	55	
A le sang orange	4	0	2	4	5		2	4	5	2	2	2	32	69	46,38		

AGES DES ENFANTS PRETESTES																	
	A le coeur qui bat vite	6	3	4	4	2		2	3	3	6	0	1	34		47,2	263
	A le coeur qui bat doucement	0	3	2	2	10		4	3	3	0	6	5	38	72	52,7	8
	A le corps chaud	5	4	3	2	7		3	2	3	3	4	6	42		58,3	15
	A le corps froid	1	2	3	4	5		3	4	3	3	2	0	30	72	41,6	7
	Transpire beaucoup	4	3	4	7		1	3	3	5	3	1	36		50	1	
	Transpire pas beaucoup	2	3	2	5		5	3	3	1	3	5	36	72	50		

	AGES DES ENFANTS PRETESTES																	
	PROPRETES	3,6/4		4,1/4,5		4,5/5		5,1/5,5		5,6/6		somme		%	Valeur du p.			
P S Y C H O L O G I Q U E	Aime le vent	4	4	3	5	5		5	4	4	3	6	4	47		65,28009		
	Aime la pluie	2	2	3	1	7		1	2	2	3	0	2	25	72	34,72		
	Aime les fleurs bleues	3	4	5	2	3		4	2	0	3	4	3	33		45,2140		
	Aime les fleurs jaunes	4	2	1	4	9		2	4	6	3	2	3	40	73	54,79		
	Préfère le bruit	3	3	3	4	2		0	1	4	2	2	0	24		33,33004		
	Préfère le	3	3	3	2	10		6	5	2	4	4	6	48	72	66,67		

ETUDE DE L'ORGANISATION DES CONNAISSANCES SEMANTIQUES EN MEMOIRE :

AGES DES ENFANTS PRETESTES														
silence														
Aime être tout seul	1	3	2	6	6						2	3	23	47,9276
Aime être avec les autres	5	3	4	0	6						4	3	25	48
Est timide	5	4	4	1	7		3	2	3	1	1	3	34	47,2263
N'est pas timide	1	2	2	5	5		3	4	3	5	5	3	38	72
Aime être au sec	3	3	2	3	5		4	3	5	4	6	6	44	61,1105
Aime être sous la pluie	3	3	4	3	7		2	3	1	2	0	0	28	72
A peur des écureuils	5	3	3	4	4		4	2	3	5	3	4	40	55,5634
A peur des lapins	1	3	3	2	8		2	4	3	1	3	2	32	72
Est toujours pressé	5	3	4	4	11		1	1	2	5	1	0	37	52,1172
Prend toujours son temps		3	2	2	1		5	5	4	1	5	5	34	71
Aime le chocolat	3	4	2	2	6		1	4	4	4	1	4	35	48,6181
Aime le	3	2	4	4	6		5	2	2	2	5	2	37	72
													51,39	

AGES DES ENFANTS PRETESTES													
caramel													

Tableaux généraux des analyses Anova pour les items menées pour l'Expérience 4 (version imagée).

Pour les temps de réponse :

- Pour les temps de réponse :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
nature	1	137654,371	137654,371	8,169	,0143
Niveaux	1	355737,521	355737,521	15,817	,0001
Niveaux * nature	1	62001,039	62001,039	2,768	,0972
Residual	140	3123925,685	22313,759		

Dependent: TR

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
nature	1	,020	,020	1,055	,3081
Niveaux	1	,001	,001	,228	,6308
Niveaux * nature	1	,000	,000	4,401	,0377
Residual	140	2,833	,019		

Dependent: TE

Tableaux généraux des analyses Anova pour les sujets menées pour l'Expérience 4 (version imagée).

Pour les temps de réponse :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	12	3005897,801	250490,817		
niveaux	1	109369,178	109369,178	20,313	,0002
niveaux * Subject	12	82332,403	6861,034		
Nature	1	49564,533	49564,533	9,648	,0091
Nature * Subject	12	81849,879	6820,823		
niveaux * Nature	1	22505,314	22505,314	6,915	,0220
niveaux * Nature * Subject	12	39012,012	3251,001		

Dependent: temps de réponse

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: temps de réponse

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	12	1028,020	85,669		
niveaux	1	37,987	37,987	,694	,4210
niveaux * Subject	12	658,458	54,871		
Nature	1	59,354	59,354	,542	,4767
Nature * Subject	12	1314,103	109,509		
niveaux * Nature	1	237,417	237,417	6,685	,0239
niveaux * Nature * Subject	12	428,183	35,682		

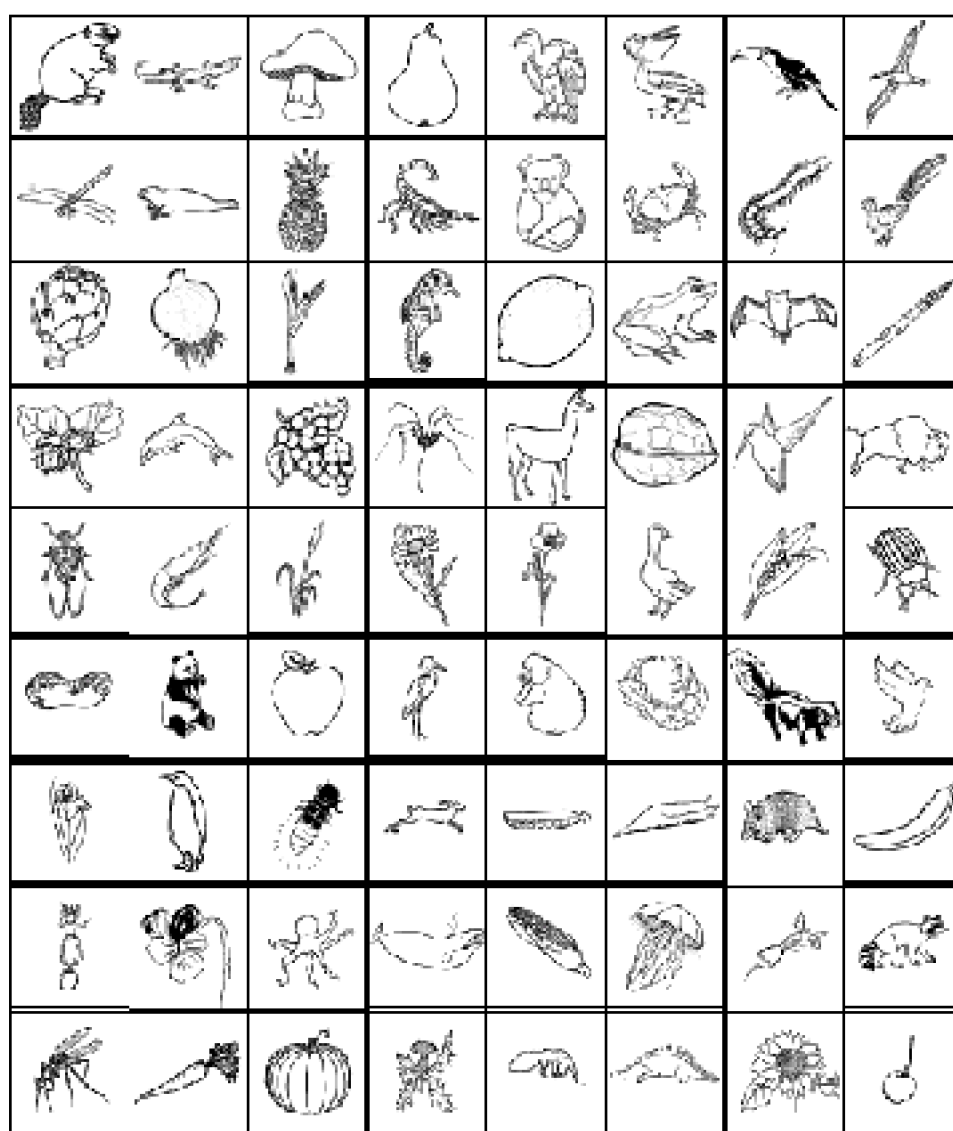
Dependent: nbre d'erreurs

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

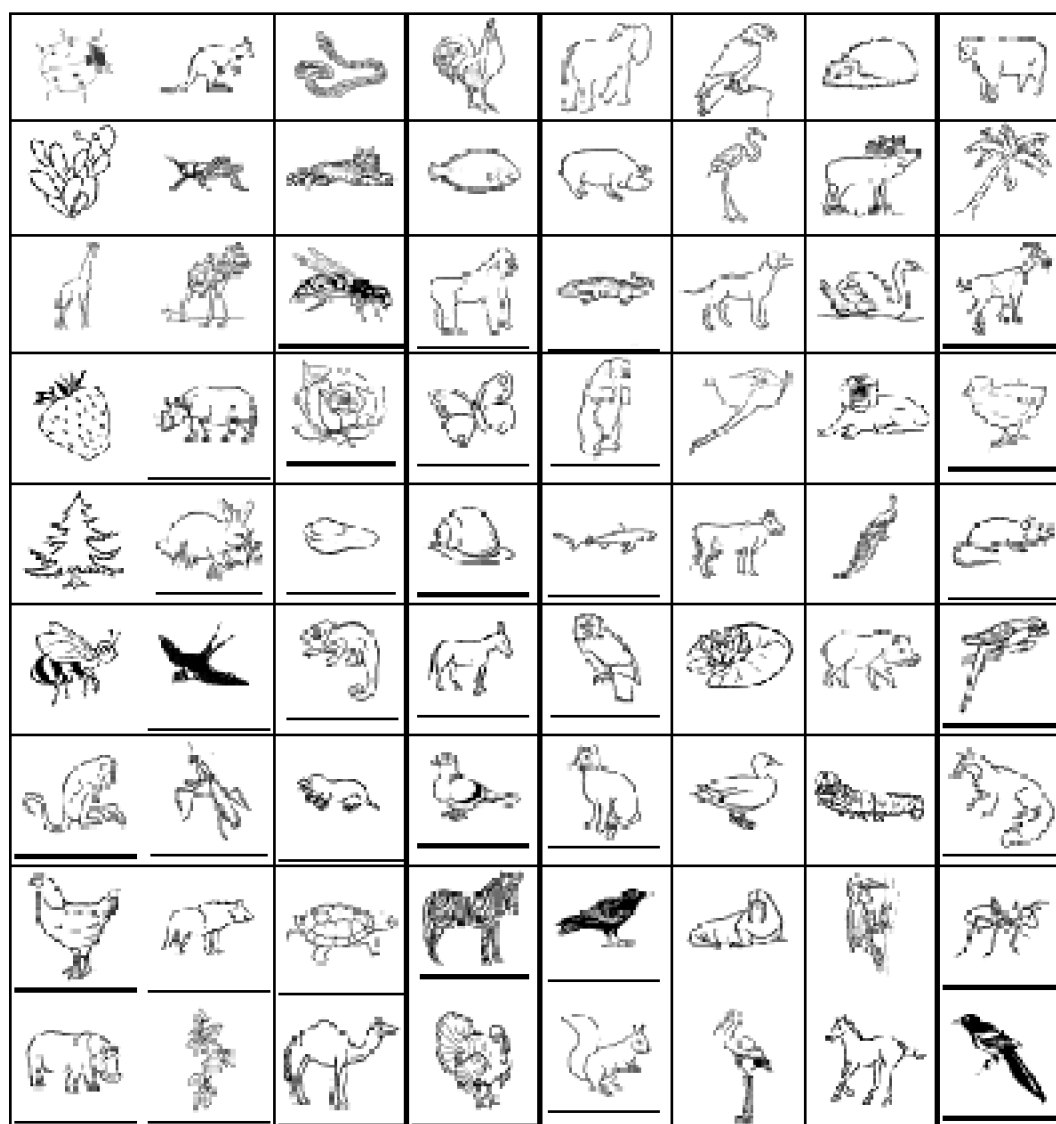
Dependent: nbre d'erreurs

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Dessins utilisés pour l'Expérience 4 - distracteurs



Dessins utilisés pour l'Expérience 4 - dessins expérimentaux



Items (nom et propriétés) utilisées pour l'Expérience 4

Items liste A :

Niveau d'Entrée et Structural :

Objets présentés	Propriétés associées	Lettres	total nb. lettres	Spécicalité
coccinelle	est rouge et noire	15		0
kangourou	a une poche	9		0
serpent	est venimeux	13		0
coq	a une crête	9		0
éléphant	a une trompe	10		0
aigle	a des serres	10		0
hérisson	est gris	7		+
cactus	a des piquants	12		+
mouton	a de la laine	10	93	0
sauterelle	est verte	8		+
tigre	a des griffes	11		+
sole	est toute plate	13		0
cochon	est rose	7		0
flamant	est rose	7		0
cerf	a des sabots	10		+
palmier	a des noix de coco	14		0
girafe	a des taches	10		+
autruche	est très grande	13	93	0

Niveau Supra-ordonné et Structural :

Objets présentés	Propriétés associées	Lettres	total nb. lettres	Spécicalité
guêpe	a deux antennes	13		0
gorille	a des poils	9		0
crocodile	a la peau dure	11		+
chien	a des muscles	11		+
cygne	a deux pattes	11		0
chèvre	a un foie	7		+
fraise	est sucrée	9		0
rhinocéros	a des mamelles	12		0
rose	a une tige	8	91	0
papillon	a des pattes	10		+
ours	a un pelage	9		0
raie	a des branchies	13		0
lion	a une queue	9		+
poussin	a un squelette	12		+
sapin	a de la sève	9		0
lapin	a un museau	9		0
avocat	a une peau	8		+
escargot	a un corps mou	14	93	+

Niveau Entrée et Fonctionnel :

Objets présentés	Propriétés associées	Lettres	total nb. lettres	Spécicalité
requin	dévore	6		0
vache	rumine	6		0
paon	fait la roue	10		0
souris	mange du gruyère	14		0
abeille	butine	6		+
hirondelle	est migrateur	12		+
caméléon	change de couleur	15		0
âne	trotte	6		+
chouette	chasse durant la nuit	18	93	0
nénuphar	pousse sur l'eau	14		0
sanglier	vit en forêt	10		+
perroquet	peut parler	10		0
singe	grimace	7		0
mante religieuse	mange son mâle	12		0
taupe	creuse des trous	14		+
pigeon	porte des messages	16		0
chat	miaule	6		0
canard	nage	4	93	+

Niveau Supra-ordonnée et Fonctionnel :

Objets présentés	Propriétés associées	Lettres	total nb. lettres	Spécicalité
chenille	rampe sur une tige	15		0
renard	mâche	5		0
poule	picore	6		0
loup	peut baver	9		0
tortue	aime la chaleur	13		+
zèbre	peut mordre	10		+
corbeau	couve	5		0
morse	joue avec son petit	16		0
pivert	mange des vers	12	91	+
fourmi	grimpe sur une herbe	17		0
hippopotame	court	5		+
lierre	pousse	6		0
chameau	flaire son repas	14		0
dindon	mange des graines	15		0
écureuil	peut éternuer	12		0
cigogne	plane	5		0
poulain	tête	4		0
pie	donne la becquée	14	92	0

Items liste B :

Niveau d'Entrée et Structural :

ETUDE DE L'ORGANISATION DES CONNAISSANCES SEMANTIQUES EN MEMOIRE :

Objets présentés	Propriétés associées	Lettres	total nb. lettres	Spécicalité
guêpe	a un dard	7		0
gorille	est noir	7		+
crocodile	a de grandes dents	15		0
chien	a une truffe	10		0
cygne	a des pieds palmés	15		+
chèvre	a des pis	7		0
fraise	est rouge	8		+
rhinocéros	a la peau épaisse	14		+
rose	a des épines	10	93	0
papillon	est coloré	9		+
ours	a la queue courte	14		0
raie	est plate	8		+
lion	a une crinière	12		0
poussin	est jaune	8		0
sapin	a de la résine	11		0
lapin	est doux	7		+
avocat	a la chair verte	13		0
escargot	a des cornes	10	92	0

Niveau Supra-ordonné et Structural :

Objets présentés	Propriétés associées	Lettres	total nb. lettres	Spécicalité
coccinelle	a 6 pattes	8		0
kangourou	a des dents	9		0
serpent	a le sang froid	12		0
coq	a des plumes	10		0
éléphant	a des cotes	9		+
aigle	a des ailes	9		+
hérisson	a quatre pattes	13		0
cactus	a une racine	10		0
mouton	a des oreilles	12	92	+
sauterelle	est légère	9		+
tigre	a un intestin	11		+
sole	a des arêtes	10		0
cochon	a des vertèbres	13		0
flamant	a un plumage	10		0
cerf	a deux poumons	12		0
palmier	a une écorce	10		0
girafe	a des tétines	11		0
autruche	a un bec	6	92	0

Niveau Supra-ordonné et Fonctionnel :

Objets présentés	Propriétés associées	Lettres	total nb. lettres	Spécicalité
requin	nage	4		+
vache	lèche son petit	13		0
paon	aime le pain sec	13		+
souris	met bas	6		0
abeille	vole	4		+
hirondelle	lisse ses plumes	14		0
caméléon	aime les insectes	15		+
âne	a des gencives	12		0
chouette	bat des ailes	11	92	+
nénuphar	se fane	6		0
sanglier	peut saliver	11		0
perroquet	chante	6		0
singe	peut allaiter	12		0
mante religieuse	pond des oeufs	12		+
taupe	protège ses petits	16		+
pigeon	construit un nid	14		+
chat	renifle	7		0
canard	s'envole	8	92	+

Niveau Entrée et Fonctionnel :

Objets présentés	Propriétés associées	Lettres	total nb. lettres	Spécicalité
fourmi	travaille	9		+
hippopotame	se baigne	8		+
lierre	pousse sur le mur	14		0
chameau	boit peu	7		0
dindon	glousse	7		0
écureuil	aime les noisettes	14		0
cigogne	vit sur la cheminée	16		0
poulain	galope	6		+
pie	est voleuse	10	93	0
fourmi	travaille	9		+
hippopotame	se baigne	8		+
lierre	pousse sur le mur	14		0
chameau	boit peu	7		0
dindon	glousse	7		0
écureuil	aime les noisettes	14		0
cigogne	vit sur la cheminée	16		0
poulain	galope	6		+
pie	est voleuse	10	93	0

Items distracteurs :

Objets présentés	Propriétés associées	Lettres	total nb. lettres	Objets présentés	Propriétés associées	Lettres	total nb. lettres
castor	saute aux arbres	14		coquelicot	a des cheveux	11	
lézard	répare les bus	12		oie	fume le cigare	12	
champignon	mange les os	10		muguet	est vif	6	
poire	tricote	6		scarabée	sursaute	8	
vautour	meugle	6		cacahouète	aime la chanson	13	
pélican	a des bas	7		panda	fait du piano	11	
toucan	hurle à la mort	12		pomme	est salée	8	
mouette	joue aux échecs	13		héron	a un pull-over	11	
libellule	rit aux larmes	12	92	marmotte	peut pâlir	9	91
phoque	a un vélo	7		laitue	est en colère	11	
ananas	écoute la radio	13		fouine	est verte	8	
scorpion	tire un char	10		colombe	aime le vinaigre	14	
koala	a des écailles	12		iris	voyage	6	
crabe	aime le thé	9		pingouin	est envieux	10	
mille pattes	a un noyau	8		ver luisant	aime les caramels	15	
faisan	donne des fruits	14		lièvre	va à l'école	9	
artichaut	boit du vin	9		haricot	aime le cinéma	12	
oignon	lit un roman	10	92	limace	se gratte	8	93
poireau	se couche tôt	11		tapir	aime la flûte	11	
hippocampe	ronronne	8		banane	fait du crochet	13	
citron	est bleu	7		perce oreille	peut rougir	10	
grenouille	a la grippe	9		pensée	a des nageoires	13	

Objets présentés	Propriétés associées	Lettres	total nb. lettres	Objets présentés	Propriétés associées	Lettres	total nb. lettres
chauve-souris	est un ordinateur	13		pieuvre	est rêveuse	9	
asperge	peut crier	9		baleine	ment	4	
noisette	est très agile	12		mais	aime les fleurs	13	
dauphin	écoute aux portes	15		méduse	joue au golf	10	
raisin	aime jouer	9	93	radis	fait le beau	10	93
araignée	prends des photos	14		raton laveur	arrose les plantes	16	
lama	bégaie	6		moustique	parle zoulou	11	
noix	est jalouse	10		carotte	peut avancer	12	
colibri	bêlé	4		citrouille	se pavane	8	
bison	est avare	8		chardon	a un nez	6	
taon	fait le ménage	12		fourmilier	peut applaudir	13	
crevette	est romantique	13		dinosaure	joue au foot	10	
jonc	se fait du soucis	14		tournesol	piaille	6	
marguerite	est acidulée	11	92	cerise	est poivrée	10	92

Coordonnées stéréotaxiques des aires activées selon les 4 conditions expérimentale (Expérience 5)

Condition	Net level (α)	Cluster level (θ_k, Z_k)	Fixed level (β)	Uncorrected R^2_Z	α_{ij}, Z_i	α_{ij}, Z_{iPM}	Cerebral region
SLL/SSL	0.005(1)	0.000(349, 6.84)	0.000(6.84)	0.000	0.28,6	1.21,2	ACG (BM24)
			0.001(3.49)	0.000	0.28,6	1.8,6	right caudatus
			0.000(3.33)	0.000	-4.44,6	-3,39,2	left DT, PFC
SLL/SSL	0.000(4)	0.000(88, 5.38)	0.001(5.38)	0.000	18,-33,46	15,-38,52	right p-cuneus
			0.004(4.26)	0.000	20,-24,49	18,-26,55	right M1 (BM4)
			0.111(4.28)	0.000	36,-8,48	32,-11,54	right M1 (BM1)
			0.000(71, 5.31)	0.000	-38,21,54	-31,16,62	left PM (BM6)
			0.010(1.73)	0.000	-18,52,42	-12,-42,50	left SFG (BM34)
			0.040(4.00)	0.000	-20,33,34	-16,28,39	left M1 (BM4)
			0.001(44, 5.30)	0.000	-32,-6,24	-32,-19,26	left SMG (BM10)
			0.280(1.00)	0.000	-19,-1,24	-11,-7,27	left PM (BM5)
			0.082(3.71)	0.000	-35,-1,18	-11,1,20	left PM (BM5)
			0.009(25, 4.45)	0.000	-28,-56,6	-24,-57,4	left Lingual (BM19)
			0.000(1.25)	0.000	21,-48,2	21,-49,10	left PCG (BM31)
			0.150(1.06)	0.000	-24,-12,6	-20,-13,3	left Lingual (BM19)

Condition	Set level (%)	Cluster level (F, Z)	Word level (%)	Unconnected R ²	x ₁ , Z	x ₂ , Z	Connected region	
PSI (10L)	3.110(0)	1.010(157,4.70)	0.121(4.71)	0.001	-20,1,24	-17,5,27	left ACI (BM24)	
			0.356(2.85)	0.000	-16,16,18	-11,12,32	left SMA (BM9)	
			0.549(3.74)	0.000	-4,20,20	-3,16,33	left ACC (BM32)	
			0.106(4.60)	0.000	-34,20,54	-20,30,60	left ML (BM4)	
			0.216(1.95)	0.000	-39,36,31	-17,38,39	left ML (BM1)	
	1.010(257,1.65)		0.514(1.75)	0.000	-41,52,54	-5,54,59	left precuneus (BM7)	
			0.117(1.67)	0.000	21,13,10	12,5,58	right PM (BM16)	
			0.018(4.82)	0.000	4,12,15	4,15,10	right cuneatus	
			0.114(1.1)	0.000	15,54,5	19,57,8	right STG (BM13)	
			0.009(4.50)	0.000	24,48,13	22,43,22	right SFG (BM10)	
PSI (PSI)	3.130(5,4.50)	1.010(257,1.65)	0.312(2.34)	0.000	10,10,15	16,15,10	right MFG (BM1)	
			1.010(3.45)	0.000	10,11,11	16,15,15	right MFG (BM10)	

Abbreviations:

ACI = anterior cingulate gyrus (BA 24, 32)

ACC = posterior cingulate gyrus (BA 31)

APFC = dorsolateral prefrontal frontal cortex (BA 4,10,46)

STG = superior frontal gyrus (BA 9)

Precuneus = superior parietal lobule (BA 7)

ML = middle temporal gyrus (BA 4)

PM = premotor cortex (BA 5 lateral)

SMLI = supplementary lateral gyrus (BA 40)

lingual = lingual gyrus (BA 39 medial)

STG = superior temporal gyrus (Germescheider's area, BA 22)

MLC = medial frontal gyrus (BA 9)

SMA = supplementary motor area (BA 6 medial)

Tableaux généraux des analyses Anova pour les items menées pour l'Expérience 6 (version verbale).

Pour les temps de réponse :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
nature	1	212645,626	212645,626	2,372	,1256
Niveaux	1	891339,011	891339,011	8,934	,0020
Niveaux * nature	1	438266,777	438266,777	4,686	,0287
Residual	140	12561197,736	89722,641		

Dependent: TR

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
nature	1	,050	,050	2,633	,1089
Niveaux	1	,938	,938	17,705	,0001
Niveaux * nature	1	,043	,043	2,274	,1338
Residual	140	2,672	,019		

Dependent: TE

Tableaux généraux des analyses Anova pour les sujets menées pour l'Expérience 6 (version verbale).

Pour les temps de réponse :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	12	4946013,627	412167,802		
niveaux	1	342236,549	342236,549	9,744	,0080
niveaux * Subject	12	421459,452	35121,621		
Nature	1	62042,993	62042,993	2,329	,1529
Nature * Subject	12	319705,265	26642,356		
niveaux * Nature	1	161060,203	161060,203	4,521	,0349
niveaux * Nature * Subject	12	427489,785	35624,149		

Dependent: temps de réponse

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: temps de réponse

	B-B Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	12	607,787	50,649		
niveaux	1	1483,858	1483,858	17,007	.0014
niveaux * Subject	12	1047,009	87,251		
Nature	1	118,334	118,334	1,215	.2920
Nature * Subject	12	1149,098	95,758		
niveaux * Nature	1	151,947	151,947	4,197	.0630
niveaux * Nature * Subject	12	434,473	36,206		

Dependent: nbre d'erreurs

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: nbre d'erreurs

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Tableaux généraux des analyses Anova réalisées pour les items (Expérience 7)**Pour les temps de réponse :**

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
CONDITION	2	3538043,780	1769021,890	53,431	.0001
NIVEAU	1	926328,108	926328,108	27,971	.0001
NATURE	1	293020,376	293020,376	8,848	.0031
NATURE * CONDITION	2	44343,531	22171,765	.689	.5125
NIVEAU * NATURE	1	69904,596	69904,596	2,111	.1470
NIVEAU * NATURE * CONDITION	2	48436,298	24218,149	.731	.4519
CONDITION * NIVEAU	2	1439,140	719,570	.022	.9756
Residual	420	13908505,286	33117,870		

Dependent: TR

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
CONDITION	2	8,722	4,361	5,028	,0070
NIVEAU	1	22,231	22,231	25,632	,0001
NATURE	1	1,815	1,815	2,092	,1488
NATURE * CONDITION	2	,130	,065	,075	,9290
NIVEAU * NATURE	1	7,259	7,259	8,370	,0040
NIVEAU * NATURE * CONDITION	2	,295	,148	,171	,8430
CONDITION * NIVEAU	2	7,105	3,553	4,142	,0165
Residual	423	364,278	,867		

Dependent Variable:

Tableaux généraux des analyses Anova réalisées pour les sujets (Expérience 7)

Pour les temps de réponse :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Subject	25	1129822,765	45192,911		
Condition	2	3421004,848	1710502,424	1,01E2	,0001
Condition * Subject	73	181591,322	2487,553		
Niveau cible	1	1016091,407	1016091,407	25,293	,0001
Niveau cible * Subject	25	1853077,288	74123,091		
Nature	1	293507,172	293507,172	12,377	,0001
Nature * Subject	25	974501,010	38980,040		
Condition * Niveau cible	2	6726,878	3363,439	1,37	,2530
Condition * Niveau cible * Subject	73	1019025,900	13945,706		
Condition * Nature	2	26281,020	13140,510	1,227	,2962
Condition * Nature * Subject	73	1006262,902	13784,359		
Niveau cible * Nature	1	88753,815	88753,815	7,575	,0001
Niveau cible * Nature * Subject	25	883522,741	35341,310		
Condition * Niveau cible * Nature	2	73368,057	36684,028	1,924	,1566
Condition * Niveau cible * Nature * Subject	73	1203638,770	16488,664		

Dependent Variable: temps de réponse

Table of Epsilon Factors for df Adjustment
Dependent Variable: temps de réponse

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
Condition	,967	,922
Niveau cible	1,000	,960
Nature	1,000	,960
Condition * Niveau cible	,978	,936
Condition * Nature	,937	,888
Niveau cible * Nature	1,000	,960
Condition * Niveau cible * Nature	,981	,939

NOTE: Epsilon values are not corrected for values of epsilon greater than 1

Pour les taux d'erreurs:

Type III - Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
Subject	35	1212.849	34.653		
Condition	2	311.357	155.678	11.360	0.001
Condition * Subject	70	667.388	9.533		
Niveau cible	1	686.157	686.157	38.077	0.001
Niveau cible * Subject	35	630.718	18.020		
Nature	1	73.189	73.189	4.379	0.038
Nature * Subject	35	585.277	16.722		
Condition * Niveau cible	2	241.972	120.986	8.377	0.002
Condition * Niveau cible * Subject	70	848.023	12.113		
Condition * Nature	2	1.654	.827	.052	.9433
Condition * Nature * Subject	70	1259.238	17.989		
Niveau cible * Nature	1	274.634	274.634	27.235	0.001
Niveau cible * Nature * Subject	35	352.933	10.084		
Condition * Niveau cible * Nature	2	6.877	3.438	3.16	0.034
Condition * Niveau cible * Nature * Subject	70	1056.355	15.146		

Dependent Variable:

Table of Error Factors for df Adjustment
Dependent: Nib erreur

	S-G Epaker	F-F Epaker
Condition	.858	.971
Niveau cible	1.000	1.000
Nature	1.000	1.000
Condition * Niveau cible	.000	1.000
Condition * Nature	.928	.978
Niveau cible * Nature	1.000	1.000
Condition * Niveau cible * Nature	.972	1.000

NOTE: Errorability is not recommended for values of epsilon greater than 1.

Liste des propriétés utilisées pour l'Expérience 7.

Présentation de l'ordre A1 (il y a 6 ordres différents au total) D = item distracteur

APPRENTISSAGE

Liste a

ANIMAL	PROPRIETE	CODE
coccinelle	"est rouge et noire"	"S-EE-st-coccinelle"
hirondelle	"est migrateur"	"S-EE-fo-hirondelle"
castor	"saute d'arbre en arbre"	D
éléphant	"a des côtes"	"C-SE-st-éléphant"
pélican	"ronge des os"	D
loup	hurle	"C-ES-fo-loup"
papillon	"a des pattes"	"S-SS-st-papillon"
champignon	"mange de l'herbe"	D
paon	"aime le pain sec"	"C-SE-fo-paon"
chenille	"rampe sur une feuille"	"S-SS-fo-chenille"
guêpe	"a un dard"	"C-ES-st-guêpe"
toucan	"a des cheveux"	D

Liste b

ANIMAL	PROPRIETE	CODE
kangourou	"a une poche"	"S-EE-st-kangourou"
Fourmilier	"est vert"	D
raie	"a des branchies"	"S-SS-st-raie"
gorille	"est noir"	"C-ES-st-gorille"
anguille	"boit du lait"	D
renard	mâche	"S-SS-fo-renard"
requin	dévore	"S-EE-fo-requin"
hérisson	"a quatre pattes"	"C-SE-st-hérisson"
brochet	grogne	D
âne	"a des gencives"	"C-SE-fo-âne"
bison	"rentre dans sa coquille"	D
chameau	"boit peu"	"C-ES-fo-chameau"

Liste c

ANIMAL	PROPRIETE	CODE
serpent	"est venimeux"	"S-EE-st-serpent"
lion	"a une crinière"	"C-ES-st-lion"
poussin	"a un squelette"	"S-SS-st-poussin"
koala	"fait des bulles"	D
pivert	"mange des vers"	"S-SS-fo-pivert"
mouton	"a des oreilles"	"C-SE-st-mouton"
pinson	"bouge ses oreilles"	D
limace	"se gratte le dos"	D
souris	"mange du fromage"	"S-EE-fo-souris"
truite	"hausse les épaules"	D
caméléon	"aime les insectes"	"C-SE-fo-caméléon"
fourmi	travaille	"C-ES-fo-fourmi"

Liste d

ANIMAL	PROPRIETE	CODE
puce	"donne des fruits"	D
sapin	"a de la sève"	"S-SS-st-sapin"
cygne	"a des pieds palmés"	"C-ES-st-cygne"
lilas	"ronge le papier"	D
coq	"a une crête"	"S-EE-st-coq"
lierre	"tient sur le mur"	"C-ES-fo-lierre"
sole	"a des arêtes"	"C-SE-st-sole"
cerise	s'énervé	D
nénuphar	"se fane"	"C-SE-fo-nénuphar"
chouette	"chasse durant la nuit"	"S-EE-fo-chouette"
poireau	"fait le beau"	D
morse	"joue avec son petit"	"S-SS-fo-morse"

Liste e

ANIMAL	PROPRIETE	CODE
aigle	"a des serres"	"S-EE-st-aigle"
fraise	"est rouge"	"C-ES-st-fraise"
albatros	"vit sous la mousse"	D
lapin	"a un museau"	"S-SS-st-lapin"
colibri	"est prédateur"	D
carpe	"mange du bois"	D
corbeau	couve	"S-SS-fo-corbeau"
flamant	"a un plumage"	"C-SE-st-flamant"
méduse	"vit sur un perchoir"	D
canard	s'envole	"C-SE-fo-canard"
abeille	butine	"S-EE-fo-abeille"
cigogne	"vit sur la cheminée"	"C-ES-fo-cigogne"

Liste f

ANIMAL	PROPRIETE	CODE
guépard	"a deux bosses"	D
crocodile	"a de grandes dents"	"C-ES-st-crocodile"
avocat	"a une peau"	"S-SS-st-avocat"
chamois	gobe sa proie	D
palmier	"a une écorce"	"C-SE-st-palmier"
girafe	"a des taches"	"S-EE-st-girafe"
poule	picore	"S-SS-fo-poule"
hyène	"se récolte au printemps"	D
vache	rumine	"S-EE-fo-vache"
"ver luisant"	bèle	D
écureuil	"aime les noisettes"	"C-ES-fo-écureuil"
"mante religieuse"	"pond des oeufs"	"C-SE-fo-mante "

TEST

Liste a

ANIMAL	PROPRIETE	CODE
coccinelle	"est rouge et noire"	"S-EE-st-coccinelle"
sanglier	"vit en forêt"	"B-E-fo-sanglier"
guêpe	"a deux antennes"	"C-ES-st-guêpe"
castor	"saute d'arbre en arbre"	D
papillon	"a des pattes"	"S-SS-st-papillon"
autruche	"est très grande"	"B-E-st-autruche"
hippopotame	court	"B-S-fo-hippopotame"
pélican	"ronge des os"	D
chenille	"rampe sur une feuille"	"S-SS-fo-chenille"
éléphant	"a une trompe"	"C-SE-st-éléphant"
champignon	"mange de l'herbe"	D
hirondelle	"est migrateur"	"S-EE-fo-hirondelle"
chien	"a des muscles"	"B-S-st-chien"
paon	"fait la roue"	"C-SE-fo-paon"
loup	"peut baver"	"C-ES-fo-loup"
toucan	"a des cheveux"	D

Liste b

ANIMAL	PROPRIETE	CODE
kangourou	"a une poche"	"S-EE-st-kangourou"
perroquet	"peut parler"	"B-E-fo-perroquet"
gorille	"a des poils"	"C-ES-st-gorille"
cerf	"a des sabots"	"B-E-st-cerf"
anguille	"boit du lait"	D
renard	mâche	"S-SS-fo-renard"
requin	dévore	"S-EE-fo-requin"
hérisson	"est gris"	"C-SE-st-hérisson"
zèbre	"peut mordre"	"B-S-fo-zèbre"
brochet	grogne	D
rhinocéros	"a des mamelles"	"B-S-st-rhinocéros"
âne	trotte	"C-SE-fo-âne"
fourmilier	"est vert"	D
chameau	"flaire son repas"	"C-ES-fo-chameau"
raie	"a des branchies"	"S-SS-st-raie"
bison	"rentre dans sa coquille"	D

Liste c

ANIMAL	PROPRIETE	CODE
serpent	"est venimeux"	"S-EE-st-serpent"
chat	miaule	"B-E-fo-chat"
poussin	"a un squelette"	"S-SS-st-poussin"
lion	"a une queue"	"C-ES-st-lion"
koala	"fait des bulles"	D
sauterelle	"est verte"	"B-E-st-sauterelle"
pivert	"mange des vers"	"S-SS-fo-pivert"
mouton	"a de la laine"	"C-SE-st-mouton"
pinson	"bouge ses oreilles"	D
tortue	"aime le soleil"	"B-S-fo-tortue"
limace	"se gratte le dos"	D
souris	"mange du fromage"	"S-EE-fo-souris"
truite	"hausse les épaules"	D
rose	"a une tige"	"B-S-st-rose"
caméléon	"change de couleur"	"C-SE-fo-caméléon"
fourmi	"grimpe sur une herbe"	"C-ES-fo-fourmi"

Liste d

ANIMAL	PROPRIETE	CODE
coq	"a une crête"	"S-EE-st-coq"
lierre	pousse	"C-ES-fo-lierre"
puce	"donne des fruits"	D
pigeon	"porte des messages"	"B-E-fo-pigeon"
lilas	"ronge le papier"	D
cygne	"a deux pattes"	"C-ES-st-cygne"
sapin	"a de la sève"	"S-SS-st-sapin"
tigre	"a des griffes"	"B-E-st-tigre"
poireau	"fait le beau"	D
morse	"joue avec son petit"	"S-SS-fo-morse"
sole	"est toute plate"	"C-SE-st-sole"
cerise	s'énervé	D
poulain	tête	"B-S-fo-poulain"
chouette	"chasse durant la nuit"	"S-EE-fo-chouette"
ours	"a un pelage"	"B-S-st-ours"
nénuphar	"pousse sur l'eau"	"C-SE-fo-nénuphar"

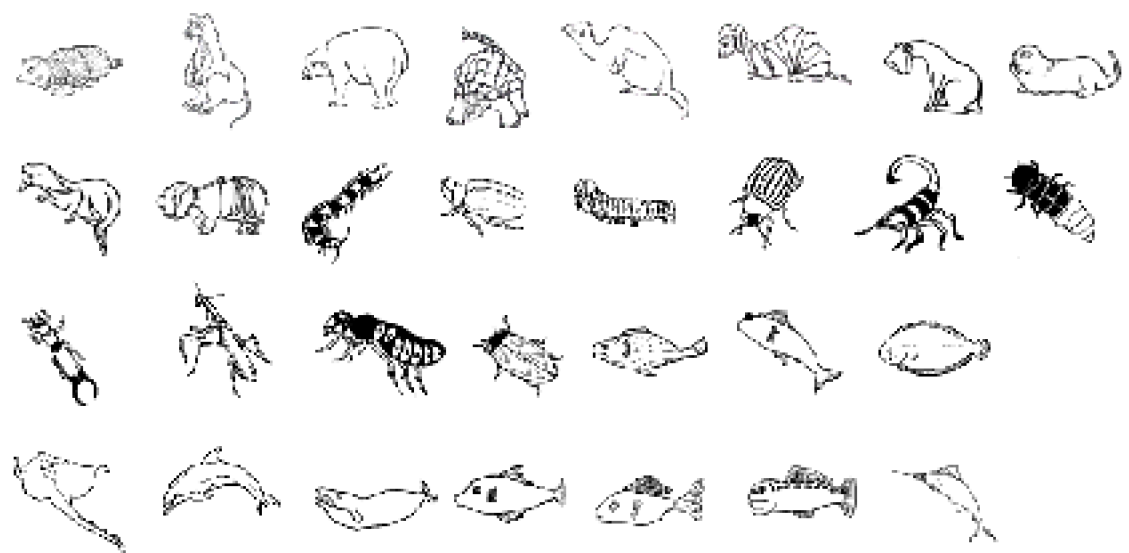
Liste e

ANIMAL	PROPRIETE	CODE
aigle	"a des serres"	"S-EE-st-aigle"
taupe	"creuse des trous"	"B-E-fo-taupo"
albatros	"vit sous la mousse"	D
fraise	"est sucrée"	"C-ES-st-fraise"
lapin	"a un museau"	"S-SS-st-lapin"
colibri	"est prédateur"	D
cactus	a des piquants	"B-E-st-cactus"
corbeau	couve	"S-SS-fo-corbeau"
carpe	"mange du bois"	D
flamant	"est rose"	"C-SE-st-flamant"
méduse	"vit sur un perchoir"	D
pie	"donne la becquée"	"B-S-fo-pie"
abeille	butine	"S-EE-fo-abeille"
canard	nage	"C-SE-fo-canard"
escargot	"son corps est mou"	"B-S-st-escargot"
cigogne	plane	"C-ES-fo-cigogne"

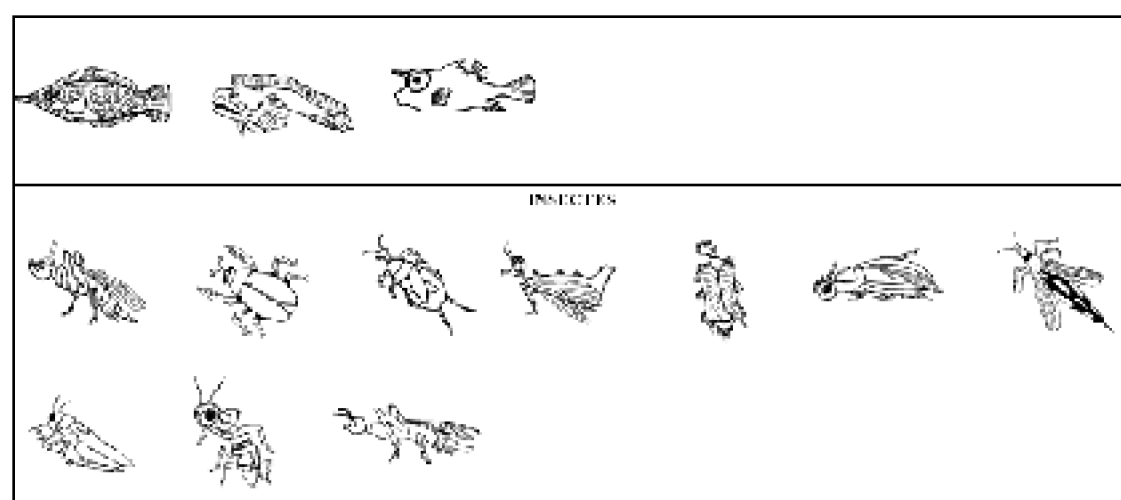
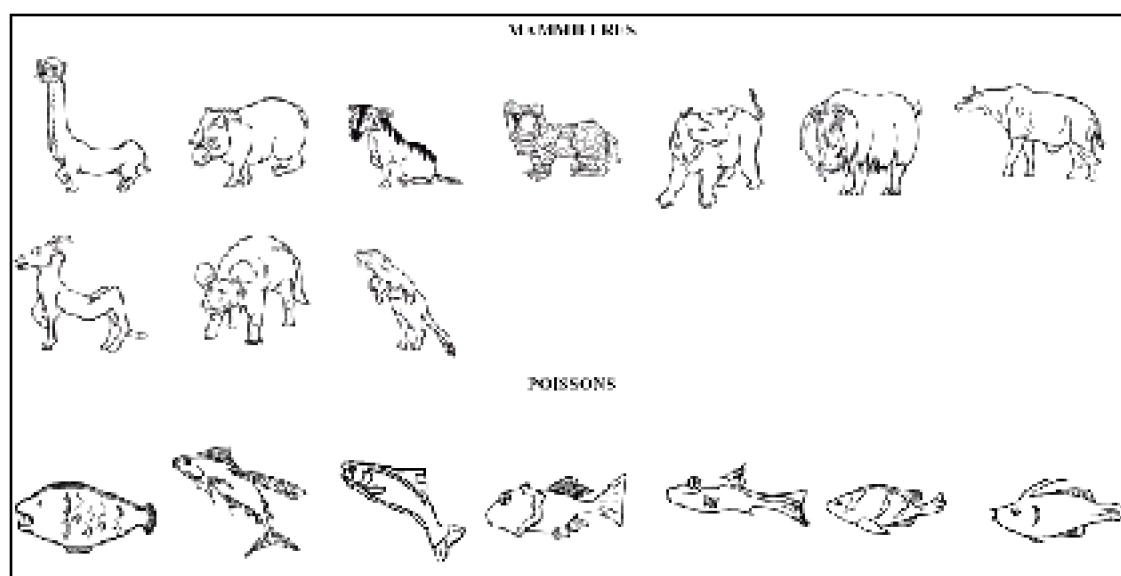
Liste f

ANIMAL	PROPRIETE	CODE
guépard	"a deux bosses"	D
crocodile	"a la peau dure"	"C-ES-st-crocodile"
girafe	"a des taches"	"S-EE-st-girafe"
avocat	"a une peau"	"S-SS-st-avocat"
singe	grimace	"B-E-fo-singe"
poule	picore	"S-SS-fo-poule"
chamois	"gobe sa proie"	D
palmier	"a des noix de coco"	"C-SE-st-palmier"
cochon	"est rose"	"B-E-st-cochon"
dindon	"mange des graines"	"B-S-fo-dindon"
hyène	"se récolte au printemps"	D
"ver luisant"	bêlé	D
vache	rumine	"S-EE-fo-vache"
"mante religieuse"	"mange son mâle"	"C-SE-fo-mante "
chèvre	"a un foie"	"B-S-st-chèvre"
écureuil	"peut éternuer"	"C-ES-fo-écureuil"

Dessins distracteurs utilisés pour l'Expérience 8



Dessins expérimentaux utilisés pour l'Expérience 8



Propriétés utilisées pour les distracteurs de l'Expérience 8

1 poi	a un gros noyau	16mam	peut parler
2ins	peut faner rapidement	17poi	croasse les jours de pluie
3poi	est migrateur	18ins	peut bâiller
4mam	peut pondre des oeufs bleus	19ins	a un pelage tout doux
5mam	a des grosses arêtes	20mam	peut voler très haut
6ins	a un gosier	21ins	a mal aux dents
7poi	meugle les nuits	22poi	peut grimper aux arbres
8mam	est très venimeux	23mam	chante tous les jours
9ins	produit du lait frais	24ins	a des pépins à l'intérieur
10mam	a des poches	25poi	donne des fruits
11ins	a une crête rouge	26mam	a un bec pour attraper ses proies
12poi	lisse ses plumes	27ins	peut pleurer a chaudes larmes
13mam	pousse sur l'eau des lacs	28poi	a des poils brillants
14poi	a des grandes ailes	29poi	peut rougir si il est ému
15mam	mange des cailloux à tous les repas	30ins	hurle à la mort quand il a peur

520 caractères, ce qui permettra de comparer les TR des distracteurs et des items expérimentaux

Propriétés expérimentales pour l'Expérience 8

		condition a condition de base : inférence basée sur un indice visuel	condition b inférence sémantique meurt, un niveau supra mammilla sans visuel	condition c inférence sémantique meurt, un niveau sous gondrin sans visuel	condition d inférence sémantique meurt, un niveau supra mammilla avec visuel	condition e inférence sémantique meurt, un niveau sous gondrin avec visuel
paleon	maimbre	1 peut attraper les feuilles de haricots → long cou	peut attraper les	dont qu'est il se figné	attrape les poires → poir	attrape des haricots → haricots
		2 « est plus dévoué » → allure massive	taille sombre quand il est petit	respirer de l'air	peut attraper ses amis → dents	« l'air est dévoué » → grand nez
		3 « est tout » → petites dents pour	peut attraper sur des bananes	les dents il a seif	peut attraper les → dent	voit sa proie → grande poire
	paleon	4 peut attraper ses proies → petites	est tout dévoué	meurt quand il a bien	« attrape des haricots » → petites dents pour	peut se lepiéer → petites
		5 attrape ses proies → dents	est dans l'eau	peut tomber malade	respire sous l'eau → branchies	peut attraper sa nourriture → branchies
		6 peut voler « vol »	nage sous l'eau	se meurt quand il a pour	est agile dans l'eau → nageoire	peut attraper sa nourriture « vol »

Pour chacune des conditions, l'ensemble des propriétés fait 104 caractères
(520 caractères au total)

Tableaux généraux des Anova pour l'Expérience 8 (inférence)

Pour les temps de réponse :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	35	25885127.153	739575.032		
condition	4	162247.724	40561.931	9.36	,4454
condition * Subject	140	6070389.923	43364.214		

Dependent: conditions

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: conditions

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
condition	,936	1,061

NOTE: Probabilities are not corrected for values of epsilon greater than 1.

Pour les taux d'erreurs:

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	35	8086.180	231.034		
condition	4	2367.565	591.891	4.790	,0012
condition * Subject	140	17299.724	123.569		

Dependent: conditions

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: conditions

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
condition	,906	1,024

NOTE: Probabilities are not corrected for values of epsilon greater than 1.

Tableaux généraux des Anova pour les sujets âgés contrôles réalisant l'Expérience 9 (version imagée)

Pour les temps de réponse :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	12	83683233,647	6973602,804		
niveaux	1	2687989,974	2687989,974	18,865	,0010
niveaux * Subject	12	1709800,668	142483,041		
Nature	1	283306,262	283306,262	8,070	,0108
Nature * Subject	12	374820,009	31235,251		
niveaux * Nature	1	240691,910	240691,910	1,571	,2336
niveaux * Nature * Subject	12	1834810,024	152900,835		

Dependent: temps de réponse

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: temps de réponse

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	12	1144,349	95,362		
niveaux	1	14,939	14,939	,452	,5142
niveaux * Subject	12	394,112	32,843		
Nature	1	71,819	71,819	1,167	,3012
Nature * Subject	12	738,367	61,531		
niveaux * Nature	1	71,819	71,819	1,754	,2101
niveaux * Nature * Subject	12	491,453	40,954		

Dependent: nbre d'erreurs

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: nbre d'erreurs

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Tableaux généraux des Anova pour les patients DTA

débutants réalisant l'Expérience 9 (version imagée)

Pour les temps de réponse :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	12	26837014,600	2236417,883		
niveaux	1	5558386,060	5558386,060	27,249	0,002
niveaux * Subject	12	2447813,762	203984,482		
Nature	1	903187,709	903187,709	3,954	0,051
Nature * Subject	12	2711180,427	225932,452		
niveaux * Nature	1	3280432,409	3280432,409	14,223	0,002
niveaux * Nature * Subject	12	2757686,647	230640,554		

Dependent: temps de réponse

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: temps de réponse

	G-G Epsilon	HF Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sums of Squares

Source	d.f.	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	12	1156,904	97,242		
niveaux	1	85,470	85,470	1,047	.3263
niveaux * Subject	12	979,345	81,612		
Nature	1	59,354	59,354	1,481	.2469
Nature * Subject	12	430,769	40,064		
niveaux * Nature	1	37,987	37,987	,908	.3595
niveaux * Nature * Subject	12	502,137	41,845		

Dependent: nbre d'erreurs

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: nbre d'erreurs

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Tableaux généraux des analyses Anova pour le groupe de patients DTA au cours des 4 passations du suivi longitudinal l'Expérience 9 (version imagée)

PASSATION 2 N = 11

Pour les temps de réponse :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	10	21899545,129	2189954,513		
niveaux	1	2949755,421	2949755,421	9,145	,0128
niveaux * Subject	10	3225588,541	322558,854		
Nature	1	876844,609	876844,609	2,384	,1552
Nature * Subject	10	2502090,142	250209,015		
niveaux * Nature	1	2092201,985	2092201,985	4,135	,0884
niveaux * Nature * Subject	10	5059290,182	505929,018		

Dependent: temps de réponse

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: temps de réponse

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	10	32,682	3,268		
niveaux	1	5,117	5,117	880	,3704
niveaux * Subject	10	58,136	5,814		
Nature	1	12,023	12,023	4,962	,0500
Nature * Subject	10	24,227	2,423		
niveaux * Nature	1	10,023	10,023	5,499	,0410
niveaux * Nature * Subject	10	10,227	1,023		

Dependent: nbre d'erreurs

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: nbre d'erreurs

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

PASSATION 3 N = 10

Pour les temps de réponse :

Table III. Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	9	304.66524.534	338.5169.392		
niveau_v	1	629.323.915	629.323.915	1.323	19.83
niveau_v * Subject	9	303.0517.611	337.612.090		
Nature	1	141.7683.000	141.7683.000	1.510	267.7
Nature * Subject	9	853.4911.800	94.8323.533		
niveau_v * Nature	1	101.4940.129	101.4940.129	1.398	0.857
niveau_v * Nature * Subject	9	297.7153.136	330.795.904		

Dependent Variable: temps de réponse

Table of Epsilon Factors for df Adjustment
Dependent: temps de réponse

	GGEpsilon	HF Epsilon
niveau_v	1.000	1.000
Nature	1.000	1.000
niveau_v * Nature	1.000	1.000

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	9	1994,219	214,813		
niveaux	1	13,367	13,367	,305	,5940
niveaux * Subject	9	394,009	43,779		
Nature	1	394,026	394,026	8,158	,0189
Nature * Subject	9	434,707	48,301		
niveaux * Nature	1	8,948	8,948	,339	,5746
niveaux * Nature * Subject	9	297,339	26,371		

Dependent: nbre d'erreurs

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: nbre d'erreurs

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

PASSATION 4 N = 9

Pour les temps de réponse :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	8	28328398,784	3541049,848		
niveaux	1	915876,115	915876,115	2,747	,1361
niveaux * Subject	8	2667727,677	333465,960		
Nature	1	637716,424	637716,424	707	,4248
Nature * Subject	8	6063124,755	760390,592		
niveaux * Nature	1	1522691,421	1522691,421	9,343	,0156
niveaux * Nature * Subject	8	1305043,545	162880,441		

Dependent: temps de réponse

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: temps de réponse

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	p-Value
Subject	8	1809,600	226,700		
niveaux	1	43,964	43,964	1,193	,3059
niveaux * Subject	8	294,023	36,753		
Nature	1	399,887	399,887	7,597	,0243
Nature * Subject	8	421,118	52,640		
niveaux * Nature	1	4,956	4,956	,170	,6812
niveaux * Nature * Subject	8	233,601	29,200		

Dependent: nbre d'erreurs

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: nbre d'erreurs

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Tableaux généraux des Anova pour les sujets âgés contrôle réalisant l'Expérience 10 (version verbale)

Pour les temps de réponse :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	12	10148005,410	845692,117		
niveaux	1	3470772,073	3470772,073	18,111	,0017
niveaux * Subject	12	2585072,350	215422,698		
Nature	1	8045,744	8045,744	,38	,7166
Nature * Subject	12	688020,555	58215,495		
niveaux * Nature	1	386480,745	386480,745	7,872	,0159
niveaux * Nature * Subject	12	60238,560	50238,560		

Dependent: temps de réponse

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: temps de réponse

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	12	2069,562	171,632		
niveaux	1	997,745	997,745	14,661	,0024
niveaux * Subject	12	315,527	27,961		
Nature	1	,594	,594	,016	,9026
Nature * Subject	12	147,863	12,338		
niveaux * Nature	1	133,517	133,517	2,316	,1570
niveaux * Nature * Subject	12	862,370	67,673		

Dependent: nombre d'erreurs

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: nombre d'erreurs

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Tableaux généraux des Anova pour les patients DTA

débutants réalisant l'Expérience 10 (version verbale)

Pour les temps de réponse :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	p-Value
Subject	12	64726828,100	5393902,342		
Niveaux	1	10885028,038	1,089E7	20,382	,0007
Niveaux * Subject	12	6290752,201	524229,350		
Nature	1	61293,606	61293,606	787	,0025
Nature * Subject	12	334793,816	27899,485		
Niveaux * Nature	1	1425187,002	1425187,002	4,923	,0455
Niveaux * Nature * Subject	12	3474083,642	289506,970		

Dependent: temps de réponse

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: temps de réponse

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
Niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
Niveaux * Nature	1,000	1,000

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	F Value
Subject	12	2105,423	182,119		
niveaux	1	570,384	570,384	10,427	,0072
niveaux * Subject	12	655,453	54,705		
Nature	1	29,084	29,084	,318	,5845
Nature * Subject	12	1105,175	92,098		
niveaux * Nature	1	48,077	48,077	1,417	,2569
niveaux * Nature * Subject	12	407,173	33,931		

Dependent: nombre d'erreurs

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: nombre d'erreurs

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Tableaux généraux des analyses Anova pour le groupe de patients DTA au cours des 4 passations du suivi longitudinal l'Expérience 10 (version verbale)

PASSATION 2 N = 12

Pour les temps de réponse :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	11	1,2808	11632912,42		
niveaux	1	10916112,248	1,092-7	13,320	,0038
niveaux * Subject	11	9000719,204	818974,479		
Nature	1	571525,354	571525,354	1,863	,1995
Nature * Subject	11	3374800,076	306754,552		
niveaux * Nature	1	377684,423	377684,423	,523	,3837
niveaux * Nature * Subject	11	5045993,316	458728,685		

Dependent: temps de réponse

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: temps de réponse

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	11	48,723	4,437		
niveaux	1	7,521	7,521	2,164	,1603
niveaux * Subject	11	38,223	3,475		
Nature	1	,187	,187	,,078	,6209
Nature * Subject	11	11,583	1,057		
niveaux * Nature	1	7,327	7,327	8,083	,0160
niveaux * Nature * Subject	11	10,223	,930		

Dependent: nbre d'erreurs

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: nbre d'erreurs

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

PASSATION 3 N = 10

Pour les temps de réponse :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
Subject	9	1,75578	1,95F7		
niveaux	1	22372384,338	2,237F7	6,783	,0286
niveaux * Subject	9	29695843,432	3239538,432		
Nature	1	20246,446	20246,446	,040	,8293
Nature * Subject	9	3897103,895	410789,322		
niveaux * Nature	1	1053039,160	1053039,189	4,734	,0576
niveaux * Nature * Subject	9	2002041,530	222449,058		

Dependent: temps de réponse

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: temps de réponse

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F Value	P Value
Subject	9	1261,986	140,221		
niveaux	1	177,139	177,139	2,200	,1722
niveaux * Subject	9	124,975	13,885		
Nature	1	103,009	103,009	1,522	,2485
Nature * Subject	9	609,079	67,675		
niveaux * Nature	1	14,542	14,542	1,115	,3185
niveaux * Nature * Subject	9	358,576	39,853		

Dependent: taux d'erreurs

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: taux d'erreurs

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

PASSATION 4 N = 9

Pour les temps de réponse :

Type III Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	8	1,206E8	1,507E7		
niveaux	1	17345990,616	1,735E7	6,824	,0310
niveaux * Subject	8	20335265,731	2541908,224		
Nature	1	281376,000	281376,000	,947	,3391
Nature * Subject	8	2877916,758	359739,593		
niveaux * Nature	1	387296,451	387296,451	3,114	,1156
niveaux * Nature * Subject	8	605118,083	75639,760		

Dependent: temps de réponse

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: temps de réponse

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sum of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	8	629,358	78,670		
niveaux	1	54,870	54,870	,628	,4317
niveaux * Subject	8	701,300	87,663		
Nature	1	13,720	13,720	,441	,5251
Nature * Subject	8	248,628	31,078		
niveaux * Nature	1	30,877	30,877	,593	,4365
niveaux * Nature * Subject	8	416,691	52,086		

Dependent: taux d'erreurs

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: taux d'erreurs

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Tableaux généraux des Anova pour les patients DTA modérés réalisant l'Expérience 11 (version verbale)

Pour les temps de réponse :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	12	85182144,007	7096012,008		
niveaux	1	4378821,739	4378821,739	2,372	< .150
niveaux * Subject	12	18236837,627	1524742,294		
Nature	1	22789,171	22789,171	,026	.8736
Nature * Subject	12	10352517,915	862709,826		
niveaux * Nature	1	813983,659	813983,659	1,211	.2927
niveaux * Nature * Subject	12	9086031,803	757169,322		

Dependent: temps de réponse

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: temps de réponse

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	12	28,751	2,479		
niveaux	1	2,327	2,327	1,143	.3060
niveaux * Subject	12	21,423	2,035		
Nature	1	6,942	6,942	4,004	.0535
Nature * Subject	12	21,906	1,825		
niveaux * Nature	1	6,942	6,942	2,203	.1535
niveaux * Nature * Subject	12	37,808	3,151		

Dependent: nombre d'erreurs

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent: nombre d'erreurs

	G-G Epsilon	HF Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000

Tableaux généraux des Anova pour les patients DTA sévères réalisant l'Expérience 11 (version verbale)

Pour les taux d'erreurs :

Type III Sums of Squares

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Subject	5	789,040	99,880		
niveaux	1	13,717	13,717	0,2	,7966
niveaux * Subject	5	1629,492	191,187		
Nature	1	123,457	123,457	1,524	,2521
Nature * Subject	5	648,148	81,019		
niveaux * Nature	1	493,827	493,827	12,800	,0072
niveaux * Nature * Subject	5	508,642	38,580		

Dependent Variable: nbre d'erreurs

Table of Epsilon Factors for df Adjustment

Dependent Variable: nbre d'erreurs

	G-G Epsilon	H-F Epsilon
niveaux	1,000	1,000
Nature	1,000	1,000
niveaux * Nature	1,000	1,000